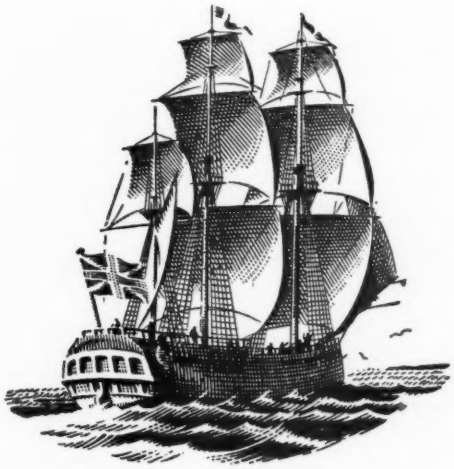
ENDEAVOUR

Revista trimestral designada a registrar el progreso
de las ciencias al servicio de la humanidad



VOLUMEN IX · 1950

INDICE DE AUTORES

Página

ALDINGTON, J. N. Progresos recientes en las lámparas de descarga de gases raros 203

ANDRADE, E. N. DA C. Problemas físicos de la deformación de metales .. 165

ARKELL, W. J. El futuro de la piedra inglesa de construcción 40

BAKER, WILSON Ciclopoliolefinas y moléculas afines 35

CANNON, H. GRAHAM La técnica del tinte biológico 188

COCKCROFT, SIR JOHN Aplicaciones experimentales de los reactores nucleares 55

COURTOIS, JEAN ÉMILE (Vid. FLEURY, PAUL FÉLIX) 144

CROMMELIN, C. A. Los relojes de Christiaan Huygens 64

DELABY, R. La Unión Internacional de Química 18

EDITORIAL La ciencia, la historia y la civilización 1

La accesibilidad de los conocimientos científicos 53

René Descartes (1596–1650) 107

La conservación de los objetos de museo 163

EPHRUSSI-TAYLOR, H. La herencia en los neumococos 80

EVANS, DAVID S. La astronomía en el Africa del Sud 45

FAURÉ-FREMIET, E. Ecología de los infusorios ciliados 183

FLEURY, PAUL FÉLIX, y COURTOIS, JEAN ÉMILE El desarrollo de la enzimología 144

FOX, SIR CYRIL (SANKEY) La erosión terrestre 178

GAUTHERET, R. J. El cáncer vegetal 21

GORDON, MYRON Herencia de los tumores pigmentarios en los peces .. 26

HAMMOND, JOHN El ganado sin cuernos 85

KIRCHNER, GEORG Las inclusiones en el ámbar 70

LAPAGE, G. Los parásitos y la guerra.. 134

MCCREA, W. H. La teoría del «Estado Estacionario» del universo expansional 3

MELVILLE, H. W. La reactividad de los radicales libres en solución .. 98

PANETH, F. A. Thomas Wright 117

PATON, JAMES Los colores del cielo diurno 126

POWELL, H. M. Compuestos moleculares 154

PRINGSHEIM, E. G. El cultivo de las algas 138

RICHARDSON, E. G. Los fenómenos de cavitación en los líquidos .. 149

SCHRÖDINGER, ERWIN La partícula elemental 109

STEPHENSON, ANNE (Vid. STEPHENSON, T. A.).. 11

STEPHENSON, T. A., y STEPHENSON, ANNE La vida entre la pleamar y la bajamar en Norteamérica .. 11

TILLOTSON, ERNEST Terremotos 91

TOLANSKY, S. Interferometría de haz múltiple 196

WEBB, K. R. Gay-Lussac (1778–1850), químico 207

WINTER, H. J. J. La aportación árabe a la física 76

INDICE DE MATERIAS

		Página
061	ACADEMIAS. INSTITUCIONES	
061.3:54	La Unión Internacional de Química	18
081	COLLECCION DE OBRAS DE UN SOLO AUTOR	
081(049.3):52	Thomas Wright	117
355	FUERZA MILITAR. PODER DEFENSIVO	
355:591.69-99	Los parásitos y la guerra	134
52	ASTRONOMIA. GEODESIA	
52:081(049.3)	Thomas Wright	117
522(68)	La astronomía en el Africa del Sud	45
523.112	La teoría del «Estado Estacionario» del universo expansional	3
53	FISICA	
53(= 1.394)	La aportación árabe a la física	76
530.145	La partícula elemental	109
532.528	Los fenómenos de cavitación en los líquidos ..	149
535.417:620.1	Interferometría de haz múltiple	196
539.185:621.039.4	Aplicaciones experimentales de los reactores nucleares	55
539.4:669-172	Problemas físicos de la deformación de metales	165
54	QUIMICA TEORICA. QUIMICA GENERAL	
54:061.3	La Unión Internacional de Química	18
541:92	Gay-Lussac (1778–1850), químico	207
541.124	La reactividad de los radicales libres en solución	98
541.4	Compuestos moleculares	154
547	QUIMICA ORGANICA	
547.51	Ciclopoliolefinas y moléculas afines	35
55	GEOLOGIA. GEOFISICA	
550.341	Terremotos	91
551.311	La erosión terrestre	178
551.593.53	Los colores del cielo diurno	126
553.99	Las inclusiones en el ámbar	70
57	BIOLOGIA	
575.061.6:597:591.2-006.4	Herencia de los tumores pigmentarios en los peces	26
575.23:576.851.214.095.18	La herencia en los neumococos	80
576.851.214.095.18:575.23	La herencia en los neumococos	80
577.15(091)	El desarrollo de la enzimología	144
577.472(261)	La vida entre la pleamar y la bajamar en Norteamérica	11
578.08:582.26	El cultivo de las algas	138
578.65	La técnica del tinte biológico	188
58	BOTANICA	
581.22:632.2	El cáncer vegetal	21
582.26:578.08	El cultivo de las algas	138
59	ZOOLOGIA	
591.2-006.4:575.061.6:597	Herencia de los tumores pigmentarios en los peces	26
591.553:593.17	Ecología de los infusorios ciliados	183
591.69-99:355	Los parásitos y la guerra	134
593.17:591.553	Ecología de los infusorios ciliados	183
597:591.2-006.4:575.061.6	Herencia de los tumores pigmentarios en los peces	26
62	INGENIERIA	
620.1:535.417	Interferometría de haz múltiple	196
620.191:691.2	El futuro de la piedra inglesa de construcción ..	40
621.039.4:539.185	Aplicaciones experimentales de los reactores nucleares	55
621.3:92	Oliver Heaviside (1850–1925)	195

INDICE DE MATERIAS *(continuación)*

62	INGENIERIA (*continuación*)	*Página*
621.327.3/.4	Progresos recientes en las lámparas de descarga de gases raros	203
63	AGRICULTURA	
632.2:581.22	El cáncer vegetal	21
636.2.081	El ganado sin cuernos	85
66	INDUSTRIAS DEL VIDRIO Y DE LA CERAMICA	
669-172:539.4	Problemas físicos de la deformación de metales	165
681	MECANICA FINA	
681.11	Los relojes de Christiaan Huygens	64
691	MATERIALES DE CONSTRUCCION	
691.2:620.191	El futuro de la piedra inglesa de construcción ..	40
92	BIOGRAFIA	
92:541	Gay-Lussac (1778–1850), químico	207
92:621.3	Oliver Heaviside (1850–1925)	195

REVISTA DE LIBROS

Página

ADAMS, ROGER, *et al.* Organic Reactions (Vol. 4) .. 160
ARKEL, A. E. VAN Molecules and Crystals in Inorganic Chemistry 103
BARRON, H. Modern Synthetic Rubber 159
BERNAL, J. D. The Freedom of Necessity 102
BUTLER, E., y JONES, S. G. Plant Pathology .. 211
CHALMERS, BRUCE (Compilador) Progress in Metal Physics 160
CH'IAO-P'ING, LI The Chemical Arts of Old China 104
COHEN, I. B. Science, Servant of Man 159
COLMAN, J. S. The Sea and its Mysteries 212
DEERR, N. The History of Sugar (Vol. 1) 160
DINGLE, H. Science and Literary Criticism.. .. 159
DUSHMAN, SAUL Scientific Foundations of Vacuum Technique 51
GAUTHERET, R.-J. La Cellule: Principes de Cytologie générale et végétale 212
GRASSÉ, PIERRE-P. (publicado bajo la dirección de) Traité de Zoologie (Vol. XI) 51
GRASSÉ, PIERRE-P. (publicado bajo la dirección de) Traité de Zoologie (Vol. VI, IX y XV) 213
GRIFFITH, R. H. The Practice of Research in the Chemical Industries 103
HARTRIDGE, H. Colours and how we see them .. 104
Idem. Recent Advances in the Physiology of Vision .. 212
HENISCH, H. K. Metal Rectifiers 159
HOAGLAND, D. R. Inorganic Nutrition of Plants .. 103
HONEYMAN, J. An Introduction to the Chemistry of Carbohydrates 161
HUNTRESS, E. H. The Preparation, Properties, Chemical Behaviour, and Identification of Organic Chlorine Compounds 161
JAFFE, B. Crucibles: the Story of Chemistry from Ancient Alchemy to Nuclear Fission 161
JAMES, R. W. The Optical Principles of the Diffraction of X-rays 103
KREULEN, D. J. W. Elements of Coal Chemistry .. 51
MARTIN, THOMAS Faraday's Discovery of Electromagnetic Induction 159
MATHER, K. Biometrical Genetics 103
ONG, E. R. DE The Chemistry and Uses of Insecticides 105
PENN, W. S. High Polymeric Chemistry 212
PURI, A. N. Soils, their Physics and Chemistry .. 211
RALSTON, A. W. Fatty Acids and their Derivatives.. 50
READ, JOHN A Direct Entry to Organic Chemistry 50
ROGERSON, SIDNEY (Ilustrado por CHARLES TUNNICLIFFE) Both Sides of the Road 104
ROYAL SOCIETY A List of British Scientific Publications Reporting Original Work or Critical Reviews 158
RUHEMANN, M. The Separation of Gases 102
SALAMAN, REDCLIFFE N. The History and Social Influence of the Potato 102
SEXTON, W. A. Chemical Constitution and Biological Activity 158
SHRINER, RALPH L., y FUSON, REYNOLD C. The Systematic Identification of Organic Compounds 52
SMITH, S. J. Advanced Chemical Calculations .. 213
SNYDER, H. R. (Redactor-jefe) Organic Syntheses (Vol. 28) 161
SOCIÉTÉ DE CHIMIE PHYSIQUE y THE FARADAY SOCIETY Surface Chemistry 102
SOCIÉTÉ HOLLANDAISE DES SCIENCES DE HAARLEM Œuvres complètes de Christiaan Huygens, volumen XXII 105
SUDBOROUGH, J. J., y JAMES, T. CAMPBELL Practical Organic Chemistry 104
TROREY, L. G. Aerial Mapping and Photogrammetry 213
WARRINGTON, C. J. S., y NICHOLLS, R. V. V. (recopilada por) A History of Chemistry in Canada .. 105
WEEVERS, TH. Fifty Years of Plant Physiology .. 51
WIENER, NORBERT Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine.. 52
WILLSTÄTTER, R. Aus meinem Leben. (Publicado por Arthur Stoll) 211
YONGE, C. M. The Sea Shore 52
ZENER, C. M. Elasticity and Anelasticity of Metals 52

Impreso en la Gran Bretaña en THE KYNOCH PRESS, *Witton, Birmingham, 6, para los editores*
IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES LIMITED, *Londres, S.W.1*

ENDEAVOUR

Revista trimestral destinada a registrar el progreso
de las ciencias al servicio de la humanidad

VOLUMEN IX ENERO 1950 NUMERO 33

La ciencia, la historia y la civilización

La enorme expansión científica en el presente siglo, con su secuela de una creciente especialización, ha conducido a muchos científicos a interesarse vivamente en la historia de la ciencia. Se diría que la constante limitación de su campo propio les lleva a buscar una especie de liberación mental en el estudio del amplio y variado tapiz histórico, a cuya confección contribuyen con su tarea personal. Este renacer de la ciencia histórica, como un correctivo de la especialización científica, se manifiesta en la fundación de muchas sociedades y revistas, en diversos países, con el fin de promover tales estudios, habiendo obtenido ya este movimiento el sello de la aprobación académica. Como consecuencia de tales esfuerzos, está hoy muy extendida la opinión de que la ciencia histórica contribuye, con eficaz impulso, a ensanchar el horizonte de los cultivadores del arte, o de la ciencia, proveyéndoles de un interés intelectual común y un lugar de coincidencia. La historia de la ciencia se está, pues, convirtiendo en un tema dominante, dentro de la historia general de la civilización. La publicación de un trabajo sobre historia científica por un historiador profesional es, por lo tanto, un acontecimiento significativo que merece algo más que una ligera referencia en las revistas científicas.

La Universidad de Cambridge ha contribuído de un modo especial a estimular los estudios de historia de la ciencia. En 1937, su Consejo General organizó una serie de conferencias semanales sobre historia de las ciencias, que corrieron a cargo de expertos especializados en cada tema. En 1944, se impulsó el movimiento con la cesión a la Universidad de la Colección Whipple, formada por raros instrumentos y libros científicos de gran valor histórico. En la ceremonia de la entrega, Sir Henry Dale, entonces Presidente de la Royal Society, subrayó la importancia de los estudios sobre historia de la ciencia, tanto por los científicos, que necesitaban comprender el aspecto humano de su trabajo, como por los estudiantes de la cultura clásica, la historia y la teología. Se han desarrollado actividades similares en otros centros académicos de Gran Bretaña y del extranjero. Por un reciente acuerdo en Cambridge, el Comité de la Historia de la Ciencia invitó al Profesor de Historia Moderna de la Universidad a dar un curso de doce conferencias sobre historia de la actividad científica en los tiempos modernos, considerada como un proceso continuo de desenvolvimiento; tarea que el aludido Profesor realizó con notable distinción.

En esta admirable serie de conferencias, recientemente publicada,[1] el Profesor Butterfield subraya, sobre todo, el papel desempeñado por las ciencias en la evolución de la civilización occidental.

La aurora del siglo diecisiete coincidió con el amanecer de la ciencia moderna; pero las raíces profundas de la revolución científica operada entonces arrancan de muy lejos; incluso desde más allá de la Grecia clásica. La comunicación literaria al mundo de Occidente del conocimiento científico de las antiguas civilizaciones, que culminó en la época del Renacimiento, representó un ahorro de varios siglos de esfuerzo.

La llave que abrió las puertas de la revolución científica puede fijarse en la ley de la inercia, cuyo reconocimiento condujo al abandono de la antigua concepción del universo como actuado por manos invisibles, para concebirle más bien bajo el nuevo modelo de un mecanismo automático de relojería. Pero hubo de transcurrir cerca de un siglo y medio, después de publicar Copérnico su gran obra: *De Revolutionibus Orbium* (1543), para que Newton formulara su genial síntesis de los problemas

[1] «The Origins of Modern Science, 1300–1800», por H. Butterfield. Págs. x + 217. G. Bell and Sons Limited, Londres. 1949. Precio: 10s. 6d.

fundamentales de dinámica y gravitación en sus *Principia* (1687). Esta correlación entre la mecánica y la astronomía, entre los movimientos de la tierra y de los cielos, se halla en el centro mismo de la revolución científica del siglo XVII. Similarmente, en el reino de la biología, la obra *De Fabrica* (1543) de Vesalius, fundamento de la moderna anatomía, que se publicó en el mismo año que la obra maestra de Copérnico, fué seguida, en su momento, del trabajo revolucionario de Harvey: *De motu cordis* (1628). Se había iniciado una nueva era en el estudio de los organismos vivientes.

Todo esto, según observa el Profesor Butterfield, considerado desde más allá del significado puramente científico de tan grandes avances, representa sólo un pequeño rincón en la amplísima esfera de la revolución científica; y el Profesor procede a examinar los efectos de esta nueva concepción científica del universo y del organismo vivo sobre la vida y la sociedad contemporáneas; porque, como él advierte, la historia de la ciencia no puede existir exclusivamente por sí misma, en un compartimiento independiente.

Hubo un célebre francés de aquel tiempo que se preocupó de divulgar las nuevas ideas. Fontenelle, sobrino de Corneille y, en opinión de Voltaire, el genio más universal de su época, vino a ser un temprano y brillante popularizador de la ciencia. Este hombre insigne, que murió en el mes de su centenario (1657–1757), marcó el pasaje de la revolución científica del siglo XVII a la «edad de la razón» del XVIII. El Profesor Butterfield describe justamente sus *Eloges* como una epopeya de la revolución científica, y sus *Entretiens sur la pluralité des mondes* (1686) como el primer trabajo publicado en Francia que hizo los descubrimientos de la ciencia claros, comprensibles y entretenidos para los lectores del gran público. En nuestro tiempo la ciencia necesita con urgencia expositores de este tipo, porque nunca ha sido tan importante como ahora para el hombre corriente saber lo que hace la ciencia, y comprender las consecuencias y el poder que el nuevo conocimiento acarrea.

Una nota curiosa de la historia de la ciencia es que la revolución científica del siglo XVII no alcanzó a la química. Se ha dicho frecuentemente que la desorientadora teoría flogística fué la causa principal del aplazamiento de la revolución química hasta fines del siglo XVIII; pero, como ha hecho notar recientemente un escritor, la dilación fué debida más bien a la falta de conocimiento de las diferentes clases de gases y de una técnica para manejarlos, y a las nociones rudimentarias que se mantenían por aquel tiempo respecto a los cambios químicos. «No había entonces claves de la composición del aire, o del aire fijado, o del agua; y, mientras el aire era el alimento del fuego, el aire fijado y el agua eran los productos de la combustión de todos los materiales orgánicos».[1] Los trabajos de Black, Scheele, Priestley y Cavendish, en la segunda mitad del siglo XVIII, inauguraron una nueva era, preparando el camino para el reconocimiento de la naturaleza química del aire y del agua. Entonces, como ocurre con frecuencia en la historia de la ciencia, se alcanzó un punto en que quedaron reunidos todos los datos necesarios para emprender un tremendo avance. Hay, sin embargo, un poderoso obstáculo mental que actúa en tales ocasiones contra el proceso progresivo: la ley de la inercia se aplica a la mente humana, lo mismo que a los cuerpos inanimados. Fué Lavoisier, quien, sin haber descubierto un solo cuerpo nuevo, ni una nueva propiedad, ni un nuevo fenómeno natural, destruyó en los años siguientes a 1780 la barrera que había obstruído hasta entonces el progreso de la química, viniendo a ser de este modo el fundador de la ciencia moderna.

El gran historiador de la ciencia George Sarton ha escrito recientemente: «Es cierto que la mayor parte de los hombres de letras, y siento decir que también algunos científicos, conocen la ciencia solamente por sus logros materiales, pero ignoran su espíritu y no advierten su belleza interior, ni la que extrae del fondo de la naturaleza . . . Un verdadero humanista debe conocer la vida de la ciencia, como conoce la vida del arte o de la religión».[2]

[1] «Humour and Humanism in Chemistry», por J. Read. Londres. 1947.

[2] «The Life of Science: Essays in the History of Civilization», por G. Sarton. Nueva York. 1948.

Redactor: E. J. HOLMYARD, M.A., M.Sc., D.Litt., F.R.I.C.
Redactor auxiliar: TREVOR I. WILLIAMS, B.A., B.Sc., D.Phil.
Ediciones extranjeras: J. A. WILCKEN, B.Sc., Ph.D.

Imperial Chemical Industries, Nobel House, Buckingham Gate, Londres, S.W. 1
Toda comunicación a los editores debe dirigirse a 26 Dover Street, Londres, W. 1

La teoría del «estado estacionario» del universo expansional

W. H. McCREA

Según la teoría del «estado estacionario», la creación de la materia continúa en el presente a idéntica velocidad que en el pasado. El siguiente artículo estudia las dificultades de las cosmologías anteriores que parece resolver la nueva teoría, señalando las posibilidades de éxito de la misma para aclarar ciertas características generales del universo.

1. La teoría del estado estacionario del universo expansional fué presentada por H. Bondi y T. Gold [1] en 1948. Proponen en ella que la creación de la materia es un proceso continuo que se produce a la misma velocidad estadística en todas las épocas, manteniéndose una densidad cuantitativamente constante mediante el proceso de dispersión de la materia denominado expansión del universo.

EL UNIVERSO EXPANSIONAL

2. *Principios cosmológicos.* En general, las teorías del universo tratan en primer lugar de modelos en los que todo el contenido universal se considera totalmente difundido: las concentraciones de materia en estrellas, galaxias, etc. están substituídas por una distribución continua de «flúido» en el modelo, y las mociones de dichos cuerpos se representan por el comportamiento hidrodinámico del flúido. De manera semejante se trata la distribución de radiación.

También se exige que los modelos sean homogéneos e isotrópicos. La homogeneidad significa que un observador *A* que se desplaza con el flúido se forma, en un instante dado de su experiencia, la misma imagen del universo que otro observador *B* en cualquier otro punto del universo y en un instante de su propia experiencia. A menos que el universo se mantenga en un estado estacionario, ello implica la existencia del tiempo cósmico: un instante dado del tiempo cósmico es aquél en que todos los observadores fundamentales perciben idéntica imagen. Lo que, en efecto, es homogéneo es el conjunto espacial en cualquier instante del tiempo cósmico. La isotropía significa que cada observador fundamental ve el universo radialmente simétrico alrededor de sí mismo.

La hipótesis de la homogeneidad se denomina también principio cosmológico (PC), pero como se refiere sólo al espacio y no al tiempo, podemos llamarlo PC restringido. Un universo que es homogéneo en tiempo (esto es, en un estado estacionario) y homogéneo en espacio satisface, según Bondi y Gold el PC perfecto. Se sigue entonces, no que en tal universo no sucede nada pero que los mismos fenómenos están sucediendo todo el tiempo.

Por lo que se refiere al universo real, el estudio de las zonas de posible observación parece mostrar que es espacialmente uniforme si se le considera estadísticamente en una escala de suficiente amplitud. Pero el mayor problema que se nos plantea es el de si se halla en un estado estadísticamente estacionario.

3. *Modelos de universos* [2]. El primer modelo teorético del universo fué el propuesto por Einstein en 1917. En aquellos años se presuponía que el universo en su conjunto debe hallarse en un estado estacionario, al menos mecánicamente, que es lo que interesa a una teoría puramente gravitacional. Einstein observó que sus primeras ecuaciones gravitacionales no admitían una solución estática homogénea. Una solución estática era sólo posible en las ecuaciones modificadas por medio de los llamados términos cósmicos, que tenían por coeficiente la misteriosa constante cósmica λ.

La sola otra solución de un estado estacionario fué la descubierta hacia la misma fecha por Sitter. Se trata de una solución no-estática de las ecuaciones modificadas de Einstein; pero como dichas ecuaciones requieren la conservación de la materia, la materia del conjunto universal no puede hallarse en moción y al mismo tiempo tener una densidad invariable, a menos que dicha densidad sea cero. Así que el universo de Sitter es un universo vacío.

Friedmann (1922) y Lemaître (1927) estudiaron por vez primera modelos uniformes no-estacionarios, y el resultado inmediato de sus trabajos fué que permitieron a Eddington deducir que el universo estático de Einstein es inestable respecto

a ciertas perturbaciones que ciertamente ocurren en el universo real; por consiguiente el universo no se halla en un estado estático. Su densidad media no es cero.

Por lo tanto, los relativistas escudriñaron todas las posibilidades de soluciones uniformes no-estacionarias de las ecuaciones de Einstein, con o sin los términos cósmicos. Todas las soluciones predecían el fenómeno de la recesión mutua de los observadores fundamentales a velocidades proporcionales a su distancia (en primera aproximación, en todo caso), esto es: la expansión del universo.

Mientras se llegaba a dichas conclusiones teoréticas se iban acumulando también los datos de observación de la recesión galáctica y formándose como resultado empírico la Ley de Hubble de que la velocidad de recesión es proporcional a la distancia. De modo que dichas conclusiones se consideraron como un triunfo de la teoría de la relatividad, en la que se basaban.

Causó cierta desilusión la sugerencia de Milne [3] de que la recesión podía, en último término, no ser distinta del fenómeno puramente cinético de la dispersión de una nube de gas en el espacio, o de un puñado de cuentas arrojadas al suelo. Sin embargo, puede probarse que es éste realmente el fenómeno estudiado con el método relativista, supuesta además la mutua gravitación de las partes del material en dispersión y la condición de uniformidad.

El mismo Milne desarrolló su hipótesis en su sistema de la relatividad cinética [4]. Esta teoría, en lo que se refiere a los modelos del universo, da análogos de algunos de los producidos por la de la relatividad general, ofreciendo así un tratamiento alternativo de las mismas situaciones físicas.

La naturaleza de dichas situaciones quedó aún más clarificada cuando Milne [5] descubrió un análogo newtoniano en un caso, y Milne y McCrea procedieron a probar que existen análogos newtonianos en todos los modelos relativistas.

4. *Interpretación física.* Es necesaria una explicación de este último resultado. Considérese el espacio y el tiempo (t) newtoniano ordinario. Sea O un observador fundamental, R cualquier punto espacial tal que $OR = \mathbf{r}$, ρ la densidad de la materia en R, y $\mathbf{v}$ su velocidad. El PC restringido requiere que $\mathbf{v}$ tenga la fórmula $V\mathbf{r}$ y que ρ y V sean independientes de $\mathbf{r}$, siendo V la constante de la recesión.

O ciertamente ve este universo esféricamente simétrico a su alrededor, y si realiza entonces una aplicación directa de la gravitación newtoniana para una distribución esféricamente simétrica de la masa, y utiliza también la ecuación de la conservación de la energía, obtendrá ecuaciones diferenciales para ρ y V como funciones de t.

La ecuación para V es no sólo análoga sino formalmente idéntica con la ecuación correspondiente para los modelos relativistas con $\lambda = 0$. Las teorías difieren únicamente en su aspecto geométrico. Los tres tipos de modelos que resultan del tratamiento relativista aparecen entonces como los que describiría cualquier observador O diciendo que la materia a la distancia r tiene una velocidad mayor, igual, o menor que la velocidad de escape newtoniana respecto de la materia que se encuentra dentro de la esfera de radio r.

Finalmente, las ecuaciones relativistas con $\lambda \neq 0$ aparecen reproducidas por el modelo newtoniano si, en adición a la gravitación newtoniana, O presume la existencia de una fuerza de repulsión cósmica $\frac{1}{3}c^2\lambda\mathbf{r}$ (donde c es la velocidad de la luz y el coeficiente $\frac{1}{3}c^2$ se introduce únicamente para igualar la práctica relativista) [7]. Puede mostrarse además que la única modificación de la gravitación newtoniana que puede conservar conformidad con el PC restringido está en un término de dicha fórmula.

5. *Comparación con la observación.* Hubble [8] ha investigado totalmente la concordancia del modelo relativista con los datos observados y ha hallado que el modelo que mejor concuerda (considerando la reducción de las observaciones) es totalmente implausible por razones generales.

Tanto impresionó a Hubble la imposibilidad de obtener una concordancia cuantitativa satisfactoria que se vió forzado a cuestionar la interpretación básica de las variaciones espectrales de las galaxias como indicadoras de su velocidad. Mas esta solución a tal dificultad no es de fácil aceptación, ya que no existe otra interpretación [9] y además la interpretación admitida nos da el efecto cualitativo predicho por todas las teorías; sería extraño, por tanto, que la interpretación fuese sólo parcialmente aplicable.

6. *Otras dificultades.* Aceptando pues la interpretación acostumbrada de las variaciones espectrales, la Ley de Hubble es (en una aproximación suficiente):

Velocidad de recesión de una galaxia

$$= 1{,}8 \cdot 10^{-17} (\text{distancia en cm}) \text{ cm/s} \quad .. \quad (1)$$

Por lo tanto, si la galaxia se ha movido con velocidad uniforme, su distancia era cero hace $(1{,}8 \cdot 10^{-17})^{-1}$ segundos, o sea unos $1{,}8 \cdot 10^9$ años, cualquiera que sea su distancia presente.

Es éste el cálculo más sencillo posible de la edad

del universo. Todos los modelos del tipo discutido nos llevan, sin embargo, a idéntica conclusión: que hace unos $2 \cdot 10^9$ años toda la materia universal formaba una masa sólidamente compacta (a no ser que se hallase entonces en el estado de un universo estático einsteniano en el que no había ocurrido ningún previo proceso de evolución).

Ahora bien, sabemos que la edad de las rocas terrestres más viejas es de unos $2 \cdot 10^9$ años. Hasta hace poco la hipótesis prevalente era que todos los estadios de la evolución galáctica anteriores al de la creación de la tierra podían haberse producido precipitadamente en mucho menos de 10^9 años, dado el estado de gran congestión en que se suponía hallarse el universo en tales épocas. Y así no era extraño hallar que la edad de la tierra y la del universo entero eran idénticas en primera aproximación. Este resultado y otros semejantes parecían confirmar la supuesta edad del universo.

Por otra parte, según teorías recientes sobre la evolución estelar, la edad de las estrellas más viejas de la Vía Láctea se cree ser de unos $5 \cdot 10^9$ años. Volvemos, por tanto, a la idea más lógica de que la tierra es considerablemente más joven que otras muchas estrellas. Las cifras citadas son precisamente las que no pueden modificarse mucho dentro de la estructura de las correspondientes teorías. Y así tenemos que concluir que la hipótesis corriente del universo expansional no aporta suficiente tiempo para la evolución del contenido universal.

Hay otras dificultades metafísicas. La primera es que las teorías dativas admiten una variedad de modelos universales teoréticamente posibles. Pero una teoría enteramente satisfactoria debe producir un único modelo.

En segundo lugar, como señalaron Bondi y Gold, las leyes físicas se formulan presumiendo que las circunstancias a que se aplican son reproducibles de manera ilimitada. En un universo en transformación eso sucede únicamente cuando el laboratorio en que se consideren reproducidas las necesarias circunstancias pueda legítimamente considerarse aislado del resto del universo. Esta última condición no puede satisfacerse si aceptamos el principio de Mach de que las propiedades de cualquier fragmento universal están determinadas por el contenido de la totalidad del universo.

7. *Escalas de tiempo.* Una posibilidad de evitar algunas de las dificultades mencionadas la sugirió Milne al usar dos escalas de tiempo. En su desarrollo de la relatividad cinética llega a emplear una medida alternativa τ proporcional al logaritmo del tiempo cósmico t. Así, la época de la creación $t = 0$ se convierte en la escala τ en $\tau = -\infty$. Y concluye: «Resulta, por tanto, que la paradoja en que se encuentra la física contemporánea al tratar de la edad del universo . . . se debe a la confusión de ambas escalas de tiempo. . . . Las afirmaciones sobre la mecánica y gravitación newtonianas se hacen generalmente aplicando la escala τ, mientras que las proposiciones sobre los fotones y la teoría electromagnética de Maxwell requieren la escala t».

La noción de ambas escalas ocurre también en la solución que Dirac [11] propuso para los mismos problemas, pero su transformación se diferencia de la de Milne.

COSMOLOGIA Y CREACION

8. *Creación.* Todas las teorías previas postulan la conservación de la materia; la tratan como algo dado, evitando así el problema de su creación. Como Hoyle [12] indica, ello es permisible siempre que la materia haya sido creada en un pasado remoto, pero no si su creación continúa aún.

El problema de la presente creación de la materia es independiente de toda teoría cosmológica. Pero si la creación es un proceso actual, su producción debe de ser tan pequeña que no ofrece posibilidades de ser observada directamente; sólo podrá estudiarse en relación con el comportamiento teórico del universo.

Lo que hemos indicado acerca de las teorías dativas destruye toda esperanza de que sus evidentes imperfecciones puedan remediarse por medio de un tratamiento modificado del concepto de espacio, tiempo o gravitación. Ello prueba que su inadecuación se basa en su erróneo tratamiento de la materia. Todo lo que postulan dichas teorías de la materia es su conservación constante. Pero existe la sospecha de que tal postulado es inválido. Además, toda nueva investigación sobre la posibilidad de un universo en estado estacionario estriba, de hecho, en investigar los efectos del abandono de dicho postulado. De otro modo el estado estacionario sería incompatible con la expansión. Debemos pues, en consecuencia de todo lo anterior, pasar a considerar la posibilidad de la creación permanente.

Ya ha sido estudiada antes. En un pasaje bien conocido de Jeans [13] se conjetura si el centro de las galaxias no podría ser el lugar por el que se vertiese la materia dentro del universo. En una versión preliminar [14] de su «nueva base de la cosmología» Dirac infirió una velocidad de creación de protones y electrones porporcional a t.

P. Jordan llegó independientemente a la conclusión de que es necesario postular la creación continua de la materia. Una reseña de sus ideas [19], en forma más accesible que en su publicación primera se ha publicado después de la redacción del presente artículo. Sin embargo, la formulación de Jordan se aleja más de otras teorías astrofísicas corrientes que las de los autores ya mencionados.

Bondi y Gold [1] y Hoyle [15] han abogado convincentemente por dicha necesidad, siendo los primeros en relacionar tal posibilidad con los problemas generales de la astrofísica y la cosmología.

9. *Proceso de creación.* Al construir un modelo teorético de un universo en el que la materia está siendo creada continuamente, semejante a los modelos dativos anteriores, el proceso de creación y las demás características del modelo se presentan como si estuviesen difundidos en el espacio y en el tiempo. El modelo ofrecerá asi conclusiones independientes de los detalles del proceso creacional.

Sin embargo, es conveniente en este punto indicar algunas características de dicho proceso. Los autores citados señalan:

(*a*) Se trata de la creación espontánea de *átomos de hidrógeno* (o de protones y electrones, o neutrones, cuyo primer resultante sería el hidrógeno atómico). La razón es que el hidrógeno es el elemento más simple y abundante, y todos los datos astrofísicos indican que los demás elementos son producto de síntesis a partir del hidrógeno.

(*b*) No tiene lugar espacial fijo, y es independiente (al menos en primera aproximación) de condiciones físicas locales. No está por tanto relacionado con concentraciones de materia ya existentes. La razón es que los procesos de concentración y acreción parecen ser más fundamentales en la astrofísica que los opuestos.

(*c*) La materia recién creada se halla estadísticamente inmóvil en relación con su vecindad cósmica. Por lo tanto, para un observador poseerá la velocidad de recesión característica que éste asocia a su posición.

Debemos señalar que, en un sentido físico, no puede haber un tratamiento causal de la verdadera creación. Esto es casi un principio definitorio. Si, como es concebible, la creación de la materia está causada por condiciones físicas existentes, entonces la verdadera creación es la de dichas condiciones, y no trataremos de ofrecer una teoría física de dicha creación. Aquí consideramos la creación de la materia como si fuese espontánea, esto es: como si fuese algo dado, y no investigamos su causalidad. Podemos presumir que los resultados inmediatos del proceso creacional pueden tratarse por métodos de probabilidad, lo mismo que otros procesos espontáneos de la física atómica.

10. *Modelos universales con creación.* A fin de disponer de un modelo que nos permita continuar la discusión aceptamos provisionalmente el PC perfecto. Vamos asimismo a usar el espacio y el tiempo newtonianos, ya que las investigaciones anteriores han demostrado que son adecuados para producir primeras aproximaciones de las relaciones observables.

El primer párrafo de la sección 4 mantiene su validez, ya que el PC restringido está incluído en el PC perfecto, pero éste exige que el universo se halle en un estado estacionario; así que ρ y V deben ser ahora también independientes de t, esto es: son constantes universales (que supondremos positivas).

La materia escapa de la esfera de radio $r = |\mathbf{r}|$ a una velocidad de $4\pi r^3\rho V$ por unidad de tiempo. Pero el PC exige que la masa dentro de dicha esfera permanezca estacionaria, esto es: exige que la materia sea creada a una velocidad μ, donde:

$$\mu = 4\pi r^3\rho V/\tfrac{4}{3}\pi r^3$$
$$= 3\rho V \text{ por unidad de volumen por unidad de tiempo} \quad .. \quad .. \quad .. \quad .. \quad (2)$$

La materia que se aleja de O a una velocidad superior a la de la luz c será inobservable para O. De aquí que O situará el límite de su universo teóricamente observable a la distancia R, donde la velocidad de recesión es c, o sea:

$$R = c/V \quad .. \quad .. \quad (3)$$

La masa M dentro de dicha distancia es

$$M = \tfrac{4}{3}\pi\rho R^3 = \tfrac{4}{3}\pi\rho(c/V)^3 \quad .. \quad (4)$$

Por lo tanto, cualquier observador fundamental deberá describir el universo como si tuviese un radio R y una masa M. Es de notar que a pesar de la continua creación de la materia se conserva igual la masa del universo.

La aceleración de una partícula con velocidad $V\mathbf{r}$ es $V^2\mathbf{r}$. El observador O, aplicando la gravitación newtoniana a una distribución esféricamente simétrica de la densidad ρ le atribuye una aceleración debida a la gravedad de $-\tfrac{4}{3}\pi\gamma\rho\mathbf{r}$, donde γ es la constante gravitacional. Por consiguiente tiene que postular una fuerza repulsiva por unidad de masa de $\tfrac{1}{3}c^2\lambda\mathbf{r}$ en la notación de la sección 4, donde:

$$\lambda = 3(V/c)^2 + 4\pi\gamma\rho/c^2 \quad .. \quad (5)$$

Por lo tanto, el modelo necesita una constante cósmica que no sea cero, al menos para este tipo de descripción mecánica. Así, dicha descripción no produce una relación entre ρ y V solamente.

Notamos entonces que O valorará la velocidad de escape newtoniana respecto de la materia dentro de la distancia r como $\{2(\frac{4}{3}\pi\gamma\rho r^3)/r\}^{\frac{1}{2}}$. Y como la materia a dicha distancia tiene una velocidad Vr, O afirmaría que la materia a todas las distancias tiene la velocidad de escape, siempre que:

$$\rho = 3V^2/8\pi\gamma \quad \ldots \quad (6)$$

La ecuación (6) es una consecuencia de la teoría de Hoyle (sección 12), pero según señala éste, no es inesperada, por razones generales. Pues si la velocidad fuese menor que la velocidad de escape no podríamos esperar que, según la teoría gravitacional corriente, se mantuviese la recesión. Por otra parte, si la velocidad fuese mucho mayor no podría esperarse la formación de condensaciones (galaxias) (sección 13). También hacen plausible el valor numérico de ρ dado en (6) los datos observados [16]. Y así, aunque (6) no sea consecuencia necesaria del modelo la aceptaremos aquí.

Los resultados numéricos aparecen en la tabla I. La columna I da también la expresión de las demás constantes en función de V, obtenidas introduciendo (6) en (2), (4) y (5).

11. *Discusión.* El único valor empírico es el de V, tomado de (1). Ya hemos citado a Hoyle en relación con la plausibilidad del valor de ρ. En cuanto al valor de μ podemos indicar que corresponde a la creación de unos 500 átomos de hidrógeno por km³ por año, de donde se deduce la imposibilidad de la observación directa.

Existe una interesante posibilidad de obtener confirmación general de estos valores. Dirac ha propuesto el siguiente principio cosmológico: Dos números no dimensionales muy elevados que se den en la naturaleza tendrán siempre una simple relación matemática en la cual los coeficientes son del orden de la unidad de magnitud. Deduce que si N es uno de tales números, todo otro número será, en primera aproximación una potencia integral pequeña de N multiplicado por un factor del orden de la unidad.

Según Dirac los números pertinentes se obtienen expresando las características del universo en unidades físicas; las que él selecciona aparecen en la tabla II. El número N que él usa como patrón de comparación es la razón de la atracción eléctrica a la gravitacional entre un protón y un electrón.

Varias veces se ha señalado que el producto de la constante de recesión V y la unidad de tiempo usada por Dirac es un número no dimensional del orden de N^{-1}. Si expresamos dicho producto como bN^{-1}, entonces las restantes constantes de nuestro modelo dan los valores de la columna 3 de la tabla I. Los coeficientes son lo que Dirac considera como del orden de la unidad de magnitud en su contexto. Podemos pues afirmar que nuestro modelo concuerda con el principio de Dirac.

TABLA I

Constantes del modelo universal

Constante de recesión	V	$1{,}8\cdot10^{-17}$ s^{-1}	$V\mathcal{T} = bN^{-1}$
	b	0,38	
Densidad	$\rho = \frac{3}{8\pi}\frac{V^2}{\gamma}$	$5{,}8\cdot10^{-28}$ g cm^{-3}	$\rho\frac{\mathcal{L}^3}{\mathcal{M}} = \frac{3b^2}{8\pi}N^{-1}$
Velocidad de creación	$\mu = \frac{9}{8\pi}\frac{V^3}{\gamma}$	$3{,}1\cdot10^{-44}$ g cm^{-3} s^{-1}	$\mu\frac{\mathcal{L}^3\mathcal{T}}{\mathcal{M}} = \frac{9b^3}{8\pi}N^{-2}$
Constante cósmica	$\lambda = \frac{9}{2}\frac{V^2}{c^2}$	$1{,}6\cdot10^{-54}$ cm^{-2}	$\lambda\mathcal{L}^2 = \frac{9}{2}b^2N^{-2}$
Radio del universo observable ..	$R = \frac{c}{V}$	$1{,}7\cdot10^{27}$ cm	$\frac{R}{\mathcal{L}} = \frac{1}{b}N$
Masa del universo observable ..	$M = \frac{1}{2}\frac{c^3}{\gamma V}$	$1{,}1\cdot10^{55}$ g	$\frac{M}{\mathcal{M}} = \frac{1}{2b}N^2$

$\mathcal{L}$, $\mathcal{M}$, N y $\mathcal{T}$ representan unidades de Dirac. (*Vid.* tabla II.)

Por consiguiente, y en la medida en que aceptamos dicho principio, podemos suponer que favorece la hipótesis del estado estacionario.[1]

Esta conformidad con el principio muestra también que las características del universo están relacionadas estrechamente con las constantes atómicas fundamentales. Ello era de esperar, si el comportamiento del universo está determinado por el proceso de creación, es decir: por un proceso atómico.

Finalmente: es importante señalar que aunque el modelo nos da un universo infinitamente viejo en un estado estacionario, se salva también de la conclusión de que tal universo debe haber alcanzado su equilibrio termodinámico. La persistencia del proceso irreversible de creación asegura, en efecto, que no se halla en equilibrio termodinámico, lo cual concuerda cualitativamente con la observación.

Resumiendo: tenemos un modelo que, por lo que podemos juzgar, reproduce el estado general que existe en el universo, posee características que concuerdan con las exigidas por Dirac y, habiéndose mantenido en el mismo estado durante un tiempo infinito, ha gozado de tiempo suficiente para permitir la evolución de su contenido.

12. *Teoría del campo de fuerza.* Dicho modelo únicamente anticipa los resultados que pueden esperarse de una teoría coherente que tenga en cuenta los nuevos conceptos. Hoyle [12, 15] ha formulado provisionalmente tal teoría investigando las ecuaciones de los campos de fuerza que se asemejan lo más posible a las de Einstein, pero sin presuponer la conservación de la materia, y dicho modelo ofrece casi las mismas características del más arriba descrito. La única excepción es que no requiere la constante cósmica λ, lo que es favorable, ya que nosotros tuvimos que introducir λ a fin de dar una descripción puramente newtoniana de los fenómenos.

Es más, los estudios de Hoyle y de Bondi y Gold produjeron como métrica del espacio-tiempo, en el sentido de la representación de los rastros luminosos por geodésicas de orden cero, la del universo de Sitter. Pero, al no asumirse las ecuaciones de Einstein, no se plantea el problema de que sea éste un universo vacío. En efecto, fijando la densidad de acuerdo con sus postulados, Bondi y Gold calcularon, con la ayuda de dicha métrica, el número relativo de galaxias hasta una magnitud aparente dada. Comparando sus resultados con los observacionales hallamos que concuerdan mejor que los modelos dativos, aunque éstos disponían de más parámetros.

EVOLUCION DE LAS GALAXIAS

13. *Galaxias.* Entramos ahora en problemas que sobrepasan los límites de los que conciernen un universo enteramente uniforme. Todas las teorías cosmológicas coinciden en considerar que la galaxia es el tipo primario de concentración de materia. Donde las nuevas hipótesis ofrecen más probabilidades de éxito es en el estudio de dichas concentraciones, lo que sirve además para ponerlas a prueba.

Según tales hipótesis, el número n de galaxias por unidad de volumen de espacio es estadísticamente constante. La materia recién creada tiende, en general, a incorporarse a la galaxia más próxima, de modo que toda galaxia está en continuo crecimiento por acreción. Pero la continuidad de la creación a través del espacio significa que hay siempre una distribución intergaláctica de materia.

Ahora bien, esta materia inter-galáctica debe mostrar fluctuaciones de densidad, debido al carácter fortuíto del proceso creativo, a las irregularidades del campo gravitacional, etc. Si la densidad fluctúa

[1] Hay que admitir que las características del modelo están tan estrechamente relacionadas por (2)–(6) que si algunas de ellas satisfacen el principio de Dirac, también han de hacerlo las demás. Pero esto es en parte el punto en cuestión: que no debemos introducir características que violen dicho principio.

TABLA II

«Unidades de Dirac»

Tiempo	$\mathcal{T}$	$\frac{e^2}{mc^3}$	$\gamma\frac{\mathcal{M}N}{c^3}$	$0{,}94\cdot10^{-23}$ s
Distancia..	$\mathcal{L}$	$\frac{e^2}{mc^2}$	$\gamma\frac{\mathcal{M}N}{c^2}$	$2{,}8\cdot10^{-13}$ cm
Masa	$\mathcal{M}$	$\mathcal{M}$	$\mathcal{M}$	$1{,}7\cdot10^{-24}$ g
N° no dimensional ..	N	$\frac{e^2}{m\mathcal{M}\gamma}$	N	$2{,}3\cdot10^{39}$

e y m = carga electrónica, masa; $\mathcal{M}$ = masa protónica.

en un punto determinado muy por encima de la densidad media del espacio circundante, la materia se condensará hacia dicho punto; y así la recesión mutua de las galaxias existentes se compensa con el nacimiento de otras nuevas, manteniéndose constante el número n. Una extensión suficientemente amplia de espacio debe contener galaxias de todas las edades.

Consideremos de nuevo el modelo de la sección 10. Como la velocidad a la distancia r de O es Vr, las nebulosas a la distancia r en el instante $t + T$ estaban a la distancia re^{-VT} en el instante t. Sea $nf(a)$ el número de galaxias de edad superior a a por unidad de volumen. En el instante t el número de éstas dentro de la esfera de radio r será $\frac{4}{3}\pi r^3 nf(a)$. En el instante $t + T$, el número en la misma esfera consiste de aquellas cuya edad en t excedía $a - T$ y que estaban dentro de la esfera de radio re^{-VT}, esto es: $\frac{4}{3}\pi r^3 ne^{-3VT}f(a - T)$.

Pero debe ser lo mismo que en el instante t, de donde:

$$f(a) = e^{-3VT}f(a - T),$$

que da $$f(a) = e^{-3Va} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (7)$$

ya que, por definición, $f(0) = 1$. Por lo tanto, el número de galaxias de edad a o superior, por unidad de volumen es ne^{-3Va}; el número de edad entre a y $a + da$ es: $Ve^{-3Va}da$; y la edad media es:

$$3V\int_0^\infty ae^{-3Va}da = \tfrac{1}{3}V \approx 6\cdot 10^8 \text{ años.}$$

Pero hay otro problema: ¿Qué edad debe tener una galaxia para poder ser observada como tal? Debemos concluir que la edad media de las galaxias visibles es bastante mayor que la calculada aquí.[1] Es éste un resultado plausible.

La teoría presente postula una mezcla de galaxias de varias edades y a todas distancias respecto de un observador. Por otra parte, las teorías dativas postulan que todas las galaxias tienen la misma edad t en la época cósmica t, viéndoselas, en realidad, en una edad tanto anterior cuanto más lejos se hallen del observador. La diferencia entre ambas postulaciones debiera hacer posible la discriminación observacional entre las teorías, cuando se hayan determinado por observación las edades galácticas.

He aqui otros datos numéricos interesantes:

Distancia media [18] entre galaxias vecinas .. $2l = 1{,}2\cdot 10^{24}$ cm

Masa de la Vía Láctea .. $M_0 = 5\cdot 10^{44}$ g

Edad de la Vía Láctea .. $T_0 = 5\cdot 10^9$ años.

Los valores de l y M_0 son los aceptados según los datos observados; el valor T_0 procede de la sección 6.

Usando los valores ρ y μ de la tabla I hallamos que la masa media M_1 en el interior de una esfera de radio l y la masa total M_2 creada dentro de la misma esfera durante el tiempo T_0 es:

$$M_1 = 5{,}2\cdot 10^{44} \text{ g.}, \quad M_2 = 4{,}4\cdot 10^{45} \text{ g.}$$

También el tiempo T, de caída libre desde la distancia l, bajo la atracción gravitacional de la masa M_0 a una distancia pequeña comparada con l es:

$$T_1 = \tfrac{1}{2}\pi(l^3/2\gamma M_0)^{\frac{1}{2}} \approx 2{,}8\cdot 10^9 \text{ años} \quad .. \quad (8)$$

Como M_0 y M_1 son del mismo orden, podemos admitir de una manera general que no es absurda la existencia de la esfera de radio l alrededor de la galaxia, como «esfera de influencia». Lo confirma el hecho de que T_0 y T_1 sean del mismo orden, de modo que, de hecho, la galaxia ha podido capturar durante su existencia cantidades de materia dentro de tal esfera. Tenemos pues que recordar, naturalmente, que el valor de M_0 a usar en (8) habría sido menor en el pasado. De modo que una fracción considerable de la materia representada por M_2 no habría tenido tiempo de caer en la galaxia, y que otra fracción habrá recedido fuera de su esfera de influencia. Es satisfactorio constatar que M_2 es considerablemente mayor que M_0.

Estas elementales comparaciones muestran que los tiempos y las masas implicados concuerdan con la hipótesis del crecimiento de la Vía Láctea por acreción, tal como se postula en la presente teoría.

Señalemos por último que la Vía Láctea se supone ser, por lo común, una especie de gigante entre la mayoría de las demás galaxias, cuya masa media se ha estimado entre 1/10 y 1/100 de M_0. Las cifras ya estudiadas muestran además que es bastante más vieja comparada con la edad media de las demás. Esta conjunción de masa y edad apoya cualitativamente la teoría del crecimiento por acreción.

14. *Conglomerados.* La mayoría de las galaxias parecen ser individuos aislados, pero se dan también en grupos, desde los limitados a varios miembros (nuestra Vía Láctea pertenece a un grupo local de unos doce miembros) hasta los conglomerados de varios centenares.

Bondi y Gold afirman que dicha tendencia hacia

[1] Si $2l$ es la distancia media entre una galaxia y su vecina más próxima, no podrá surgir una galaxia nueva, y permanecer independiente, a una distancia menor que l de la galaxia de O. Por lo general tal galaxia recedería a la distancia R en el tiempo $(1/V)\ln(R/l) \approx 1{,}4\cdot 10^{10}$ años, usando el valor observado para $l \approx 6\cdot 10^{23}$ cm., y V y R de la tabla I. En consecuencia O no puede esperar ver galaxias más viejas que dicha cifra, a no ser la suya propia u otra gravitacionalmente relacionada con la suya. Este razonamiento pertenece a Hoyle (*l.c.*). Pero (7) sólo nos da una galaxia de edad superior, en 1000 millones, de modo que el argumento no influye sobre nuestras conclusiones.

la conglomeración puede explicarse por medio de la teoría del estado estacionario diciendo que se trata fundamentalmente del mismo proceso indicado para la formación galáctica. Lo mismo que una distribución fortuíta de átomos debe tender a formar condensaciones, debido a la inestabilidad gravitacional descrita, una distribución fortuíta de galaxias tenderá a formar conglomerados por idéntico proceso.

Para dichos autores el tiempo de operación necesario para que se inicie la conglomeración es el que se precisa para que dos galaxias se reúnan a partir de una separación del orden de $2l$. Si ambas masas son como la de la Vía Láctea, tal cifra alcanzará $6 \cdot 10^9$ años; si ambas son un 1/10 de dicha masa, la cifra será $1{,}7 \cdot 10^{10}$. Tras un tal intervalo pueden quedar capturadas otras galaxias en creciente progresión. De este modo, tales duraciones caben justo dentro de lo permitido por la hipótesis presentada con referencia a la edad de las galaxias mismas. Como argumento suplementario Hoyle dice que nuestra galaxia, que es de moderada ancianidad, debe de hallarse en un moderado estado de conglomeración, lo que en efecto sucede.

Evidentemente es necesario realizar otras muchas investigaciones, y en especial en lo que se refiere al desarrollo simultáneo de los conglomerados y de la masa de las galaxias-miembros. Con todo, estas sugerencias son las que más prometen de todas las ofrecidas para la solución de dichos problemas. Hasta ahora sólo podemos juzgarlas comparando sus resultados con los de los cálculos anteriores según los que el fenómeno de conglomeración necesita un tiempo de 10^{12} años en un universo cuya edad se calculaba en $2 \cdot 10^9$ años.

RESUMEN

15. En su estado actual la teoría cosmológica produce en todo físico teórico la impresión de hallarse en un estado muy poco satisfactorio. Aunque la relatividad general ofrece una elegante teoría del universo expansional, cuando los cosmólogos se esfuerzan por comprobar observacionalmente sus afirmaciones, tienen que recurrir a hipótesis físicas no probadas (los desplazamientos espectrales) o a artificios matemáticos tales como el uso de la doble escala de tiempo y el tratamiento de las constantes universales como variables seculares. La hipótesis creacional puede parecer otro expediente más; pero a pesar de la necesidad evidente de profundizar más su estudio podemos afirmar que se trata de un tipo distinto.

En primer lugar, al permitir una teoría del estado estacionario del universo, salva los obstáculos metafísicos y observacionales de las anteriores teorías. En segundo, ofrece solución a los problemas astrofísicos más comunes referentes a la formación de galaxias y de sistemas galácticos. Se halla asimismo íntimamente relacionada con la determinación de la composición química de las galaxias. Y, por último, el proceso creacional, siendo en sí mismo por hipótesis un proceso atómico, suministrará, si se confirma, lo que ha de servir de enlace fundamental entre la cosmología, la astrofísica y la física atómica. De una manera general, la creación del universo físico, sea cual fuere su proceso y el tiempo en que ocurrió, debe afirmar la interrelación de todas esas ciencias. Y si es posible aceptar la hipótesis de Bondi y Gold de que el proceso de creación continúa verificándose eternamente a través del espacio, en ella se nos ofrece la posibilidad de aclarar dicha inter-relación.

BIBLIOGRAFIA

[1] BONDI, H., y GOLD, T. *Mon. Not. R. Astr. Soc.*, **108**, 252, 1948.
[2] ROBERTSON, H. P. *Rev. Mod. Phys.*, **5**, 62, 1933.
TOLMAN, R. C. «Relativity, Thermodynamics and Cosmology», sección x. Oxford. 1934.
HECKMANN, O. «Theorien der Kosmologie». Berlin. 1942.
BONDI, H. *Mon. Not. R. Astr. Soc.*, **108**, 104, 1948.
[3] MILNE, E. A. *Nature*, **130**, 9, 1932.
[4] *Idem.* «Relativity, Gravitation and World-structure». Oxford. 1935. «Kinematic Relativity». Oxford. 1948.
[5] *Idem. Quart. J. Math.* (Oxford Series), **5**, 64, 1934.
[6] MCCREA, W. H., y MILNE, E. A. *Ibid.*, **5**, 73, 1934.
[7] *Idem. Ibid.*, **5**, 73, 1934, ecuación (21).
[8] HUBBLE, E. B. «The Realm of the Nebulae». Oxford. 1936. «The Observational Approach to Cosmology». Oxford. 1937.
HECKMANN, O. «Theorien der Kosmologie», Ch. 17. Berlín. 1942.
[9] MILNE, E. A. «Kinematic Relativity», § 137. Oxford. 1948.
[10] *Idem. Ibid.*, §§ 253, 247–8.
[11] DIRAC, P. A. M. *Proc. Roy. Soc.*, A, **165**, 199, 1938.
[12] HOYLE, F. *Mon. Not. R. Astr. Soc.*, **109**, 365, 1949.
[13] JEANS, J. H. «Astronomy and Cosmogony», 352. Cambridge. 1928.
[14] DIRAC, P. A. M. *Nature*, **139**, 323, 1937.
[15] HOYLE, F. *Mon. Not. R. Astr. Soc.*, **108**, 372, 1948; *Nature*, **163**, 196, 1949; *The Listener*, **41**, 567, 1949.
[16] *Idem. Nature, loc. cit.*
[17] *Idem. Mon. Not. R. Astr. Soc.*, **108**, 381–2, 1948.
[18] WALDMEIER, M. «Einführung in die Astrophysik», 322. Basilea. 1948.
[19] JORDAN, P. *Nature*, **164**, 637, 1949.

La vida entre la pleamar y la bajamar en Norteamérica

T. A. y ANNE STEPHENSON

El Profesor T. A. Stephenson y su esposa han trabajado largos años en el estudio de la ecología entre mareas, y sus estudios les han llevado no solamente por las costas de la Gran Bretaña, sino también a Australia, Sudáfrica, Isla de Mauricio y América del Norte. En el artículo presente reseñan algunas de las observaciones hechas en dos expediciones recientes a América del Norte, en las que recorrieron unos 24 000 kilómetros. Las planchas en color 2, 3 y 4 están tomadas de pinturas originales de los autores.

La vida marina puede estudiarse de dos modos: (*a*) bien trabajando en la estrecha faja (cinturón de marea) expuesta a lo largo de las costas de los continentes en la bajamar; o (*b*) por la investigación de las aguas lejos de las costas, y del fondo del mar, desde los buques. El cinturón de mareas es más accesible que los océanos y tiene la ventaja de que puede marcharse sobre él y verlo en conjunto; además a causa del flujo y reflujo de la marea que alternativamente lo cubre y lo descubre, presenta un variable y fascinador medio ambiente para la vida. El fondo del océano nunca puede ser examinado con tanto detalle sino tan sólo por buceo en delimitadas áreas, método que adolece de marcadas restricciones.

El estudio más completo del mar como medio ambiente para los organismos es el libro «The Oceans» por Sverdrup, Johnson y Fleming, aparecido en 1942. El libro examina nuestro conocimiento de los mares muy detenidamente y trata asimismo de las plantas y animales que los habitan. No obstante bien poca cosa nos dice de la vida entre el flujo y reflujo de las mareas. Del mismo modo, el libro de más envergadura que se ha escrito sobre la vida animal en el mar, «Tiergeographie des Meeres» por Sven Ekman, 1935, trata del mar y de su fondo en conjunto y si bien parte de él está dedicado a la región de las mareas, con todo no se refiere específicamente a ellas. No existe un trabajo general destinado a la biología de las plantas marinas en una escala mundial, si bien encontramos capítulos acerca de su distribución en libros principalmente dedicados a la morfología de las algas, por ejemplo, «The Structure and Reproduction of the Algae» por Fritsch, 1945. Si nos fijamos en los escritos sobre la zona entre mareas, encontramos que si bien son muchos, su totalidad cubre más los detalles que los puntos de vista generales. Así, mientras podemos señalar muchos trabajos que tratan de la sistematización de las especies que habitan las costas, la biología de plantas y animales determinados, y la ecología de áreas reducidas, no podemos encontrar muchos ejemplos de ecología de grande amplitud, aun cuando sobre este punto existe una excepción notable en los escritos de Fischer-Piette acerca de las costas del Canal de la Mancha. Se han escrito también muchos libros sobre la vida en las costas, pero ninguno de ellos intenta presentar una descripción general como la que nos dan para las aguas fuera de la costa los libros antes mencionados. El que más se acerca a ello es la obra «Between Pacific Tides», estudio interesante de la costa del Pacífico de Norteamérica por Ricketts y Calvin, publicada por primera vez en 1939.

Ha sido nuestro persistente propósito hacer de nuestra parte todo lo posible con el objeto de proporcionar un cuadro de la ecología de entremareas más amplia que las aparecidas hasta el presente, y hemos trabajado con tal finalidad durante los últimos 30 años en la Gran Bretaña, Australia, Sudáfrica, Isla de Mauricio y Norteamérica. Durante los diez años invertidos en Sudáfrica (1931–40) organizamos una inspección de las costas en la que nos asistieron una docena de jóvenes investigadores. Ello trajo consigo la aparición de la primera revisión ecológica general de una línea de costa que abarcaba cerca de 3200 kilómetros. Durante dicha inspección, fué visitada en unos cien lugares la costa entre la desembocadura del Río Orange en el oeste y la frontera del Africa Oriental Portuguesa en el este; durante todo el trabajo las algas marinas y los animales se estudiaron en conjunto y en sus relaciones mutuas. De este proyecto se derivaron otros dos, uno de los cuales o bien

ambos, esperamos desarrollar en los años próximos. El primero es el reconocimiento de la costa inglesa del mismo modo que hicimos con la de Sudáfrica, porque a pesar de cuanto se ha publicado, no existe aún material suficiente para un amplio estudio ecológico. El segundo es escribir un libro acerca de la vida vegetal y animal entre las mareas, abarcando el mundo entero. Es indudable que cualquier libro que trate de área tan extensa puede escribirse únicamente a base de una serie de muestras; y si bien nosotros antes de 1947 hemos inspeccionado gran número de ellas, estamos convencidos de que existen otras que deben ser reconocidas directamente. Es el caso que la mayoría de ellas podían encontrarse en las muy variadas costas de Norteamérica.

En nuestra primera expedición desembarcamos en Nueva York el 1° de Enero de 1947, saliendo de nuevo el 25 de Enero de 1948. Durante esos trece meses empezamos nuestro trabajo en la costa atlántica de la Florida. Desde Florida fuímos primero a Charleston en Carolina del Sur y de allí a Beaufort en Carolina del Norte. Después cruzamos el Continente, con un descanso en Washington, para dirigirnos a Nanaimo en la Columbia Británica en donde viramos al sur hacia California, terminando en San Diego, cerca de la frontera mejicana. En conjunto cubrimos unos 24 000 kilómetros. Nuestro programa nos permitía permanecer dos meses en cada uno de los principales centros en los que queríamos trabajar. La expedición se pudo llevar a cabo gracias a las subvenciones de diferentes instituciones y a la amabilidad de varias Estaciones Marinas Norteamericanas que nos dispensaron toda clase de facilidades. Es un placer reconocer nuestra deuda de gratitud a cuantos nos ayudaron, lo que hemos hecho ya con más detalle en otra parte.

El continente norteamericano nos brinda una inmensa variedad de playas, desde las tropicales costas de Florida y la región panameña, a través de las variaciones cálida-templada y fría-templada, hasta las zonas más o menos glaciales del norte. Muchísimo se ha escrito sobre la biología de las costas americanas, pero son relativamente pocos los estudios ecológicos de carácter general. Escogimos las localidades, en cuanto fué posible, en regiones que no solamente ofrecían lo que nosotros mismos queríamos inspeccionar, sino también aquéllas cuya ecología general no ha sido descrita. Nuestro primer objetivo fué ver algo de Florida Keys, la extraña cadena de islotes que se extiende entre Miami y Key West. No necesitábamos en realidad ver una costa típica tropical puesto que habíamos inspeccionado ya una grande variedad de ellas en Australia y el Océano Indico; pero La Florida proporciona una muy excepcional área tropical en la que, en un mar somero cargado de sedimentación, una singularmente limitada población intermareal habita los bajíos parecidos a escorias fragmentadas de las rocas de coral (figura 2). Fué esta anormalidad lo que llamó nuestra atención, pues esperábamos que comparándola con regiones tropicales más ordinarias podrían revelarse algunos de los principios que regulan sus peculiaridades. Después de dejar Keys nos dirigimos a la parte norte de Florida y al norte y sur de Carolina en donde (entre los Cabos Cañaveral y Hatteras) se encuentra otra curiosa faja de costa. En este caso el clima marítimo es cálido-templado pero los habitantes de la roca intermareal (y en estos concentramos nuestra atención) están sujetos a condiciones adversas de diferente tipo de las encontradas en el sur de Florida. La línea costera es predominantemente arenosa y hay allí pocos afloramientos de material más duro que la turba entre los límites de mareas; su ausencia está en parte compensada por la presencia de toscos rompeolas rocosos, algunos de ellos muy largos, que son muy parecidos a arrecifes naturales. En este área puede estudiarse no solamente la reacción de las especies norteamericanas de zona cálida-templada en presencia de pequeñas áreas rocosas perdidas en mares de arena, sino también (especialmente en Carolina del Norte) el interesante traslapo entre las especies de las aguas frías norteñas y las de las aguas cálidas del sur que tiene lugar en esta costa. Otra particularidad en la parte norte de este área es que animales de playa tan característicos como las lapas, que tienen una distribución casi universal, no se encuentran en las superficies rocosas abiertas de Carolina que nosotros hemos visitado.

En la costa del Pacífico nuestros tres centros ofrecieron un conjunto de condiciones completamente distintas. Aquí nos hemos encontrado por todas partes con rica y abundante población marina sujeta a condiciones nada adversas, siendo el clima marítimo moderadamente frío en el norte y moderadamente templado en el extremo sur. En nuestra primera estación, Nanaimo, en una región de quietas ensenadas que presentan reducida erosión marina, florece una asombrosa población acuática en unas aguas cuya salinidad está muy por debajo de la normal del agua del mar, pero no lo suficiente para crear condiciones de estuario. Es una singularidad de su fauna y flora que las especies comunes son muy grandes y sorprendentes:

FIGURA 1 – *Vista de la costa a la entrada de Mason's Cove, una de las estrechas caletas que comunican con la Bahía de Sta. Margarita en la costa atlántica de Nueva Escocia. La caleta está lejos del mar abierto y en los inviernos severos puede congelarse por algún tiempo la totalidad de su superficie. Esta fotografía tomada en verano, muestra una variedad de zonación inter-mareal, característica de las caletas de Nueva Escocia. Debajo de los árboles que se acercan mucho al nivel de la pleamar, los cantos rodados de granito que contornean la costa presentan una banda blanquecina. Esta representa la región en la cual el color natural gris-pálido o blanquecino del granito está más claramente visible; la parte superior está ordinariamente oscurecida por líquenes terrestres y otra vegetación, y la inferior por los agentes intermareales. Debajo de esta banda pálida hay una zona negra, muy claramente delineada mostrando una apariencia listada en algunas partes. Esta zona es debida a una película de algas azul-verdosas (algunas veces de color negruzco) y líquenes intermareales, y permanece sumergida en el mar solamente durante las grandes pleamares. Debajo de ésta también encontramos, la faja en que el granito se descolora y toma un tinte anteado o marrón pálido. Sigue a continuación una zona más ancha recubierta de algas color marrón, bastante largas* (Fucus *y* Ascophyllum); *esta zona de algas presenta un gradual cambio de color desde marrón amarillento arriba, a un matiz más oscuro debajo, correspondiendo el cambio de color al de la naturaleza de la población. La fotografía fué tomada durante el reflujo de una moderada marea; pero algunas veces la marea baja mucho más y deja al descubierto una zona fangosa debajo de la banda de algas. Esta última faja corresponde aproximadamente a la zona Balanoide mencionada en el texto.*

FIGURA 2 – *Un arrecife de coral muerto: Plantation Key, Florida. La roca de coral está colonizada por pequeños organismos que ocupan zonas en las que el color de la roca queda modificado en cada caso de distinto modo.*

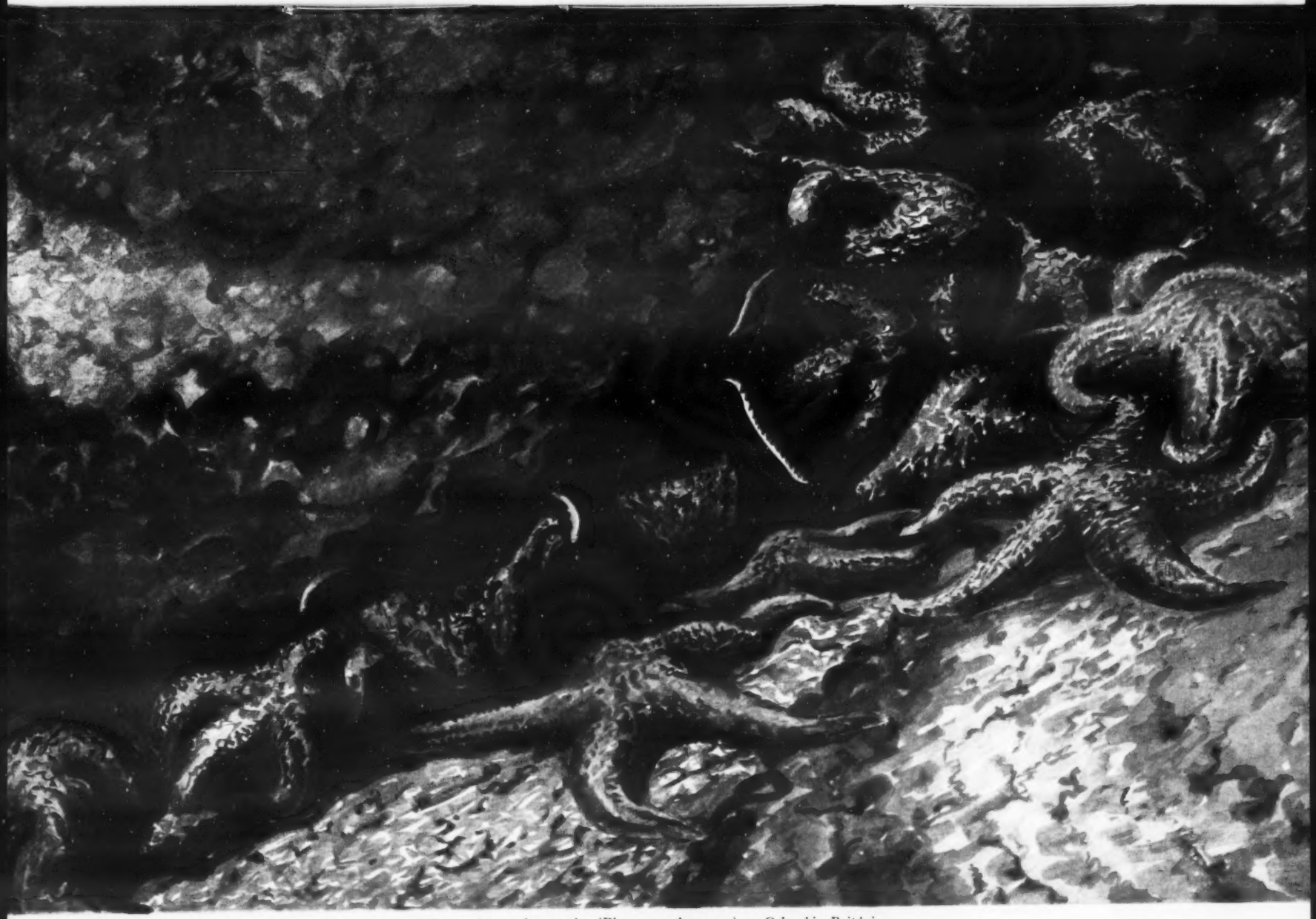


FIGURA 3 – *Grupo de grandes asterias* (Pisaster ochraceus) *en Columbia Británica.*

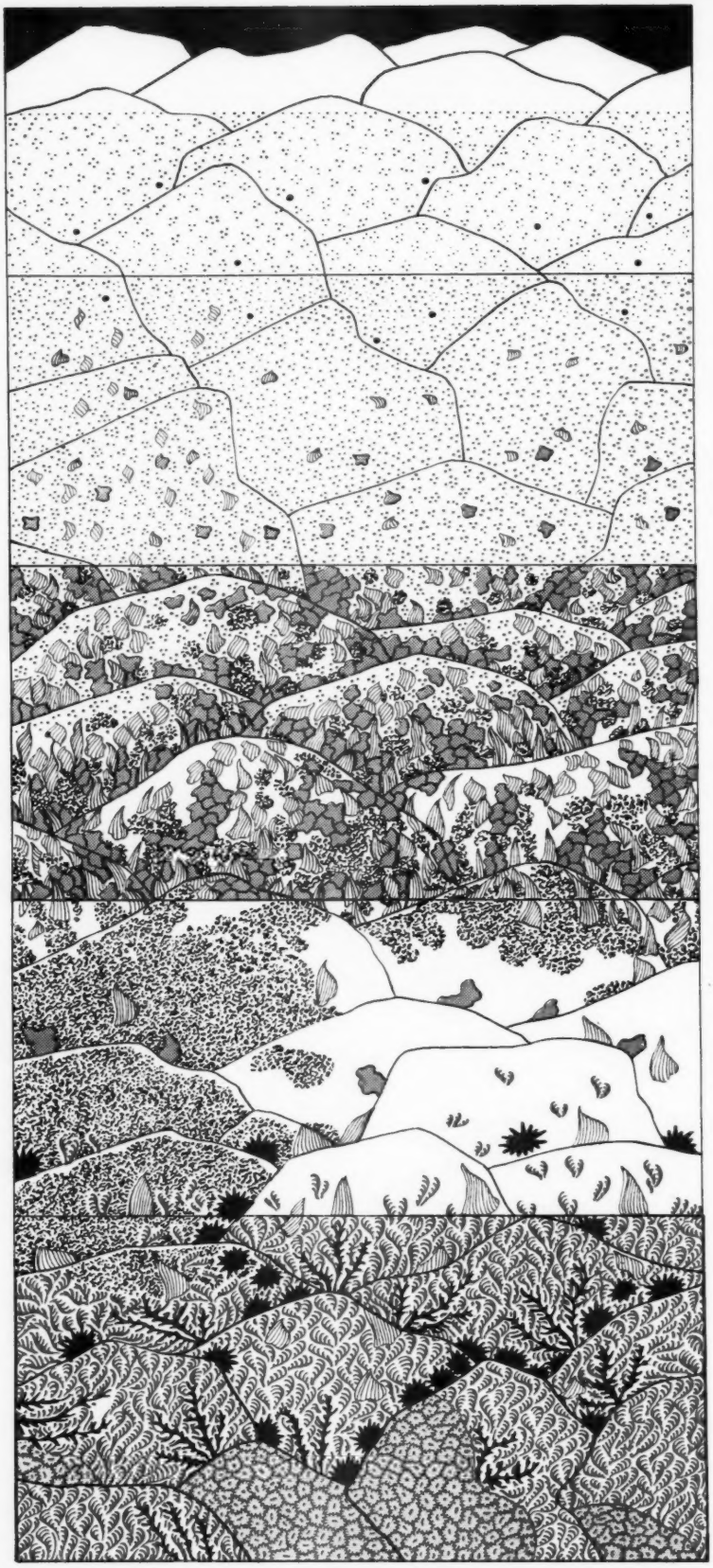


FIGURA 4 – *Representación en diagrama de la disposición en zonas de algunos de los animales y plantas más comunes en los rompeolas rocosos cerca de Beaufort, Carolina del Norte. La zona más baja representa la banda sublitoral y la más alta la banda subterrestre. Entre ambas se extiende la zona medilitoral con tres subdivisiones.*

anémonas plumosas de 30 cm de altura, lapas avellotadas de 15 cm de diámetro en su base, algas de 12 metros de largo y sobre todo brillantes asterias violeta de 40 cm de punta a punta y de un peso de 1 kg (figura 3). En esta región estudiamos entre otros aspectos una pequeña isla que tiene un declive gradual y soleado en la playa del sur y un escarpado sombrío a lo largo de la playa norte; esto nos proporcionó un ejemplo en diagrama de las diferencias que estas dos combinaciones de condiciones producen en la distribución de las especies comunes intermareales. En nuestro centro inmediato en la Península de Monterey y la Punta Lobos en California, existe un fuerte contraste con Nanaimo, pues allí, mientras la población es de nuevo rica y variada y el mar es de salinidad normal, la costa está abierta a la agitación del Pacífico, de tal modo que hay muchos promontorios batidos por el oleaje, sometidos al formidable poder de los mares. La costa es tan escarpada, no obstante, que a pesar de la fuerte acción de las olas, se dan a corta distancia entre unas y otras, algunas regiones que presentan todos los grados de exposición y de abrigo contra las mismas olas, y así pueden ser estudiadas las reacciones más sensibles de animales y plantas intermareales a dichas variaciones. En La Jolla, California del Sur, nuestra última estación, se ve una costa rocosa sujeta a una más fuerte acción de las olas que en Nanaimo, y no obstante más moderada que la de Pacific Grove. Con todo la población allí es del tipo de la zona cálida-templada, y la roca, que es anormalmente blanda por lo general presenta muchas variaciones locales de dureza, con el resultado de que se puede estudiar con éxito los efectos muy notables de tales variaciones sobre animales y plantas.

Durante nuestra segunda visita a América (Junio-Septiembre de 1948) estudiamos las áreas rocosas de Nueva Escocia e Isla del Príncipe Eduardo, viajando en conjunto unos 6400 kilómetros. Allí nos fué posible comparar una costa típicamente abierta, como la que se encuentra en Peggy's Cove, cerca de Halifax, con otras costas que, si bien ocupan la misma región geográfica, presentan diferencias al tipo normal debidas a sus especiales circunstancias. Y así, mientras la costa abierta cerca de la Peggy's Cove está poco o nada afectada por los hielos del invierno, algunas de las otras costas estudiadas son batidas por ellos muy marcadamente. Por ejemplo a lo largo de la costa norteña de la Isla del Príncipe Eduardo, el hielo puede cubrir más de un kilómetro fuera de la costa y se amontona en masas irregulares en las rocas intermareales casi hasta la altura de los acantilados.

Uno de los más sorprendentes rasgos de la mayoría de las costas rocosas es el modo en que las plantas y animales que los pueblan están dispuestos en bandas horizontales, una encima de la otra y a veces traslapándose. Estas bandas o zonas varían en precisión. Unas veces son vagamente delimitadas, otras sus bordes son delineados con tal pulcritud que podrían parecer trazados con regla (como la zona negra que se ve en la figura 1). La existencia de estas zonas y sus posibles razones de ser han sido discutidas en los escritos sobre estas materias. Durante la inspección de Sudáfrica, hemos desarrollado la idea de que la zonación aparente en la costa representa una de las posibles variantes de un plan fundamental que es más o menos de carácter universal. Hemos ensayado esta idea en la Gran Bretaña, Isla de Mauricio y Africa Oriental y más extensamente durante el período 1947–8 en América del Norte. La información recogida debe desarrollarse todavía antes de poder aplicar la teoría en todo detalle, pero nuestra impresión general es que ha resistido bien el ensayo. Establecido en sus términos más sencillos el plan de zonación encontrado en varias costas del mundo tiende a probar la existencia de: (*a*) una zona árida de transición desde la tierra al mar no cubierta por las aguas altas que llamamos *zona Litorina*; (*b*) una faja media más regularmente cubierta y descubierta por el mar, la *zona Balanoide* y (*c*) una zona más baja descubierta solamente en las bajamares. Esto es, con todo, una simplificación extremada ya que cada una de las principales zonas presenta no pocas subdivisiones en muchas costas, y existen además complicaciones muy variadas. Un ejemplo de zonación como la desarrollada en los rompeolas cerca de Beaufort en Carolina del Norte puede verse en la figura 4, y en la figura 1 se reproduce una fotografía de la zonación en una caleta abrigada de Nueva Escocia.

Mientras que nuestras expediciones a América consistieron primariamente en trabajos sobre el terreno y en la recolección de información, ello fué únicamente el primer paso hacia el objeto que nos propusimos, que era elucidar el modo en que varían las poblaciones bajo el influjo de condiciones diferentes, y descubrir los principios fundamentales que actúan tras de las apariencias superficiales.

La Unión Internacional de Química

R. DELABY

La necesidad de coordinación internacional en la química fué reconocida por vez primera al formarse la Asociación Internacional de Sociedades de Química, antes de la primera guerra mundial. Fué luego sucedida por la actual Unión Internacional de Química Pura y Aplicada, de la que es Secretario-General el Profesor Delaby.

Entre las diez Uniones que actualmente forman el Consejo Internacional de Uniones Científicas (I.C.S.U.), la Unión de Química Pura y Aplicada (I.U.P.A.C.) fundada en 1919 da pruebas incesantes de su eficacia, y sería osadía intentar dar ahora, aunque fuera someramente, cuenta de sus realizaciones. Nuestro deseo es, simplemente, recordar sus orígenes, describir su actual estructura, y mostrar, con motivo de sus manifestaciones recientes, su activa participación en el progreso científico.

Las Sociedades científicas contribuyen a dicho progreso favoreciendo el intercambio informativo entre los investigadores que realizan trabajos sobre el mismo tema.[1] Una segunda etapa consiste en reunir grupos de una misma rama de la ciencia, establecidos en un mismo país, en un Organismo federal. En fin, una Unión, realiza, en un plano internacional, los enlaces indispensables entre las Sociedades por medio de dichos organismos nacionales.

Así se concibe la misión de la Unión, que consiste en la organización de una cooperación permanente entre las sociedades químicas de los diversos países adheridos; en la coordinación de sus medios de acción científicos y técnicos; en contribuir al progreso de la Química en toda la extensión de su dominio, principalmente por medio de Conferencias, Congresos y Coloquios.

ORIGENES

El armisticio que dió fin a la primera guerra mundial no estaba aún firmado cuando ya los delegados de las Academias científicas de las naciones aliadas se reunían en Londres en octubre de 1918, y en París el mes siguiente, con la intención de formar un *Consejo Internacional de Investigaciones*, organismo que se proponía en primer lugar coordinar las actividades en las diversas disciplinas científicas y en sus aplicaciones, estableciendo los contactos necesarios con los gobiernos de los países adherentes, y favorecer la formación de grupos internacionales capaces de contribuir al progreso de la ciencia.

Desde este último punto de vista, los químicos de varios países se habían preocupado de sus relaciones recíprocas bastante antes de 1914, existiendo ya una *Asociación Internacional de Sociedades Químicas* — que comprendía unas quince — presidida por el célebre químico orgánico francés Albin Haller y subvencionada por el generoso filántropo Ernest Solvay, pero ello no era más que un principio. En noviembre de 1918, la *Society of Chemical Industry* recibía a Paul Kestner, Presidente-fundador de la *Société de Chimie Industrielle*, y en tal ocasión se celebraron conversaciones precisamente sobre el punto mismo que había propuesto el Consejo Internacional de Investigaciones, las cuales condujeron a una conferencia que reunió en París en abril de 1919 a los principales grupos científicos e industriales de los países aliados: Bélgica, Estados Unidos, Francia, Gran Bretaña, Italia. La principal resolución fué invitar a las Sociedades de Química de cada país a fin de que creasen un Consejo nacional constituído por sus delegados o que se agrupasen en una Federación; dichos organismos nacionales se reunirían entonces en una Confederación que sería, al principio, interaliada y más tarde internacional, al recibir en sí a las naciones neutrales. De este modo cada país enviaría a la Conferencia delegados representantes del conjunto de sus Sociedades científicas e industriales, y no sólo los mandatarios de una única Sociedad, como en la antigua Asociación Internacional de Sociedades Químicas, cuya disolución ya estaba prevista. Se nombró un consejo provisional cuyo Presidente, Charles Moureu, *Membre de l'Institut de France*, habría especialmente de ponerse en contacto con el Consejo Internacional de Investigaciones, cuyo proyecto, por otra parte, se hallaba bajo la égida de las Academias.

La *Confederación Inter-aliada de Química* se constituyó en Londres tres meses después, adoptando

[1] ENDEAVOUR, 6, 49, 1947.

sus Estatutos y eligiendo un Consejo, fijó provisionalmente su domicilio en París y encargó a la delegación italiana de preparar la siguiente reunión en Roma en junio de 1920.

Inmediatamente se presentaba ante la Comisión de Química del Consejo Internacional de Investigaciones que se reunía en Bruselas (22 de julio de 1919) solicitando la integración de la nueva Confederación, que había de tener poder autónomo, dentro del cuadro de organizaciones previstas por las Academias Científicas, como sección química del Consejo Internacional de Investigaciones. En el curso de dicha reunión y después de un referéndum favorable de los Miembros del Consejo quedó disuelta la Asociación Internacional de Sociedades de Química, reemplazándola la Confederación Inter-aliada que quedaba admitida en el Consejo Internacional de Investigaciones mediante la adaptación de sus estatutos a los principios generales establecidos por dicho Consejo; en adelante su título sería: *Unión Internacional de Química Pura y Aplicada.*[1] Reconociendo los servicios rendidos anteriormente por la Asociación Internacional de Sociedades Químicas, fué ofrecida la presidencia al eminente Albin Haller, quien declinó la deferente y unánime petición de sus colegas; eligiéndose entonces primer Presidente de la Unión que acababa de nacer a Charles Moureu.

CONSTITUCION Y PROCEDIMIENTO

Las actividades de la Unión se llevan a cabo por un Consejo que actúa a través de Secciones, tales como las de Química inorgánica, Química orgánica, Química-física, Química analítica, y Química aplicada, y de Comisiones que en su mayoría dependen de las Secciones. Su reunión, total o parcial, que debe celebrarse por lo menos cada dos años, se designa con el título de Conferencia.

El Consejo está formado por los delegados de los Organismos adherentes; el número de aquellos depende de la categoría en que se incluya el país correspondiente; hay tres categorías que se fijan según la actividad de los trabajos químicos dentro de cada país. El Consejo se asemeja mucho a las Cámaras de representantes de los países democráticos con función legislativa: trata de cuestiones tanto científicas como administrativas y económicas. Actualmente hay 31 países con una organización adherida a la Unión.

El poder ejecutivo reside en una Junta elegida dentro del Consejo y compuesta, cuando más, de 17 personas: un Presidente, siete Vice-presidentes, seis Miembros electos, un Secretario General, un Tesorero, y los dos últimos Ex-presidentes.

La experiencia ha mostrado la dificultad de reunir la totalidad de los miembros de la Junta entre Conferencias, delegándose por tanto sus poderes a un Comité ejecutivo constituído por el Presidente, un Vice-presidente, un Miembro electo, el Secretario General, y el Tesorero.

El trabajo se reparte en Comisiones permanentes o temporales, encargadas, bien de la gestión de los diversos organismos de la Unión — tal como la Comisión permanente de Finanzas — o bien del estudio de determinadas cuestiones. Las comisiones científicas y técnicas se componen de especialistas, pudiendo incluir: miembros titulares elegidos por las comisiones miembros delegados de organizaciones interesadas, como los Institutos de Medidas y de Investigaciones, pudiendo además añadir a dicho número, a título consultativo, representantes y observadores nacionales invitados por el Presidente. Las grandes Comisiones elijen dentro de su propio seno un Comité de trabajo y, eventualmente, Sub-comités.

Se han previsto también Comisiones afiliadas que se proponen, por ejemplo, unificar los métodos de análisis o de control de una disciplina especializada: una Comisión muy activa de dicho tipo es la de estudio de las materias grasas, y es muy de desear que se formen otras Comisiones análogas en la Unión, capaces de hacer progresar la técnica química y paraquímica.

Después de la guerra, la I.C.S.U. ha creado Comisiones mixtas entre las Uniones internacionales, relacionadas con una Unión central, la principal interesada. Así, la Unión de Química es la central de la Comisión de Patrones, Unidades y Constantes de Radioactividad, que comprende a delegados de la Unión internacional de Física pura y aplicada.

Dichas Comisiones representan la circulación sanguínea de la Unión: continuamente irrigan de sangre nueva su organización. En la XIV Conferencia, el Presidente Bogert recordó oportunamente que el Presidente de cada Comisión debe estar al corriente de las investigaciones efectuadas en su dominio por otras personas o instituciones de reconocida categoría, pudiendo así elegir certeramente sus auxiliares: Es como un generalísimo que observa desde un elevado punto de mira el campo todo de operaciones. Su Comisión debe ser el centro mundial de información más autoritativo en la materia.

[1] De 1930 a 1949 se denominó simplemente *Unión Internacional de Química*; en la XV Conferencia (Amsterdam 3–19 sept. 1949) pareció preferible precisar de nuevo en su título que la Unión se ocupa tanto de materias especulativas como de las aplicaciones de la química.

CONFERENCIAS Y COLOQUIOS

A partir de su fundación la Unión ha celebrado 15 Conferencias, que si bien en un principio fueron anuales, a fin de asegurar el contacto entre los químicos mundiales y de establecer decisiones necesarias, más adelante, a partir de 1928, se celebraron bi-anualmente, salvo una interrupción de cuatro años entre 1930 y 1934, y otra aún más larga debida a la segunda guerra mundial (1938–47), volviendo a establecerse el contacto en Londres en 1946.

En principio cada Conferencia escucha primero el informe presidencial sobre el estado general de la Unión, y el del Tesorero sobre su situación financiera, discutiéndose a continuación los problemas administrativos. El interés se concentra luego sobre los temas científicos tratados por las Comisiones, cuyos Presidentes exponen los trabajos realizados, que muchas veces conducen a convenciones internacionales, a estandardizaciones, a avances de todo tipo. Es banal recordar aquí la universalidad del dominio de la Química que Duclaux describía profeticamente hace más de medio siglo cuando decía: la Química es la base de todo, nada se le escapa.

Al finalizar cada Conferencia se publican reseñas que constituyen ya un conjunto imponente de 2142 páginas en 4°, a las que hay que añadir los informes demasiado especializados o voluminosos para incluirlos en las Reseñas, y de los cuales se han publicado varios en forma de libros: tales son las «Tablas de Reactivos para el análisis mineral», en tres idiomas (409 págs.) y «Reactivos recomendados» (288 págs.), que constituyen dos informes fundamentales de la Comisión de Reacciones y Reactivos analíticos nuevos.

Al lado de las Conferencias y Congresos cuya historia vamos a delinear, la Unión ha preparado recientemente reuniones más limitadas denominadas *Coloquios*; en ellos los especialistas tratan de temas aún en proceso de desarrollo o de cuestiones más restringidas. Ya se han celebrado con gran éxito dos Coloquios de Química macromolecular (Lieja 1948, Amsterdam 1949) presididos por el Prof. H. Mark.

CONGRESOS DE QUIMICA PURA Y APLICADA

Antes de la formación de la Unión, se celebraban periódicamente Congresos internacionales de Química aplicada con creciente importancia. Tomó tal iniciativa la Asociación Belga de Químicos Azucareros, pronto secundada por la Asociación análoga de Francia y sus colonias. El primero se celebró en Bruselas en 1894, el segundo en París en 1896, con 1500 congresistas que presentaron 194 comunicaciones, resultado notable para la época. Siguieron otros: Viena (1898), París de nuevo (1900), Berlín (1903), Roma (1906), Londres (1909); el octavo y último antes de la primera guerra mundial fué en Washington y Nueva York en 1912, reuniendo 4400 adherentes en 23 secciones que discutieron 789 memorias. Hace pues ya más de medio siglo que los químicos se han esforzado por favorecer las reuniones internacionales.

Sin embargo, las Asociaciones que hasta entonces habían asegurado el éxito de dichos Congresos estimaron que su organización debía incumbir a la Unión, y en los primeros estátutos se fijó en veinte artículos su organización. El reglamento actual es, deliberadamente, menos detallado: Los Congresos internacionales de Química pura y aplicada se reúnen en principio cada cuatro años, confiándose su organización a un Comité instituído por el país invitante; dicho Comité establece el programa de acuerdo con una Comisión delegada por el Consejo de la Unión. Se otorga así una mayor libertad a la nación receptora que no se halla sometida a disposiciones excesivamente precisas y a veces entorpecedoras, no excluyéndose tampoco útiles iniciativas.

CONCLUSION

Señalemos para finalizar el «clima» acogedor de las discusiones, reuniones, y comunicaciones en el seno de la Unión. Indiquemos también lo módico de los recursos hasta ahora disponibles para levantar este «parlamento químico mundial», que fué sobre todo obra de hombres desinteresados, inspirados por un ideal. La UNESCO estudia en estos instantes la importancia que en el futuro deben tener las Uniones científicas internacionales. Esperemos que pueda suministrarles medios poderosos. Porque no son un factor negligible para la paz universal que buscan todos los hombres de buena voluntad.

El cáncer vegetal

R. J. GAUTHERET

Desde hace ya mucho han sospechado los biólogos la existencia de cierta analogía entre los tumores vegetales y el cáncer animal, analogía que sólo recientemente se ha podido demostrar gracias al empleo del método del cultivo de los tejidos. Dicha técnica ha revelado por primera vez que ciertas bacterias, o diversas substancias pertenecientes a la familia de las hetero-auxinas, provocan en las plantas fenómenos tumorales idénticos a los que caracterizan el cáncer.

NEOPLASMAS

Imaginémonos una célula que, luego de haber funcionado durante meses o años en armonía con las miriadas de las demás células, se liberase súbitamente de todo control, haciéndose capaz de proliferar de una manera anárquica. Dicha célula dará origen a una masa de tejido sin organización, esto es: un tumor. A veces la proliferación será lenta y limitada, sin que cause, por tanto, desarreglos funcionales importantes el tumor, que conserva así un carácter benigno. Las verrugas y lupias tan comunes en el hombre, y las excrescencias producidas en las hojas de numerosas plantas por ciertas larvas de insectos (figura 1) pertenecen a este tipo de procesos tumorales. Pero otras veces la multiplicación tumoral escapa a todo control y sus elementos invaden entonces todos los órganos del individuo, a la manera de un parásito, provocando graves desórdenes capaces de producir la muerte. Estos terribles procesos neoplásticos reciben el nombre de cáncer.

EL CANCER ANIMAL

El cáncer animal, y en especial el humano, ha atraído desde hace ya mucho la atención de los biólogos, a pesar de lo cual su naturaleza permanece aún muy oscura. Se cree que el cáncer es una enfermedad de la célula misma que no puede transmitirse de célula a célula, pero cuya propagación de órgano a órgano se produce por medio de metástasis, esto es: de células que se desprenden de un tumor inicial y que, arrastradas por la corriente sanguínea o linfática, llegan a puntos alejados donde se establecen como nuevos focos cancerosos.

Tal modo de propagación prueba que la célula cancerosa es un elemento dotado de propiedades especiales. Los estudios realizados con cultivos de tejidos han aclarado algo la naturaleza de dicha especificidad al revelar que los elementos cancerosos tienen necesidades nutricionales menos marcadas que las correspondientes células normales. Es como si la cancerización consistiese en un incremento del poder de sintetización de la célula que permitiese a ésta proliferar sin límites a costa de las substancias nutritivas del organismo. Otras investigaciones han tenido por objeto descubrir las causas del cáncer, estableciéndose en ellas que no tiene éste un origen bacterial, y revelando la frecuente intervención de vírus carcinogénicos. Han servido asimismo para probar la existencia de fenómenos tumorales provocados por agentes físico-químicos, tales como ciertos hidrocarburos especiales y la acción de diversas radiaciones. En fin, estos estudios han demostrado que los factores genéticos tienen un papel esencial en la génesis del cáncer, ya que ciertas descendencias puras son susceptibles al cáncer mientras que otras muy próximas dentro de la misma especie son totalmente resistentes.

Las ideas originadas por el descubrimiento de factores tan diversos no han podido fundirse en una teoría única, ya que los investigadores han constatado que la transformación tumoral exige a menudo la acción simultánea de varios factores.

EL CROWN-GALL

Hace unos cuarenta años, dos fitopatólogos norteamericanos, Smith y Townsend, estimaron que el estudio de los tumores vegetales podía producir datos capaces de aclarar el problema del cáncer animal. Les interesó sobre todo el llamado Crown-Gall, tumor exuberante que se desarrolla a veces en el cuello de ciertas plantas, en el cual pudieron aislar una bacteria en forma de bastoncillo, *Phytomonas tumefaciens*, que inoculada en plantas sanas producía nuevos tumores (figura 2). A raíz de dicho descubrimiento parecía azaroso comparar el Crown-Gall al cáncer animal, que no tiene ciertamente un origen bacterial; Smith intentó por tanto establecer dicha comparación basándose en el hecho de que las plantas infectadas

de Crown-Gall producen metástasis análogas a las del cáncer animal.

Es curioso que dichas metástasis no contienen células bacterianas, lo que permite imaginar que son resultado de una acción a distancia que ejerce *Phytomonas* desde el tumor original (figura 3).

Los experimentos realizados hace unos diez años parecieron confirmar tal hipótesis, demostrando que *Phytomonas tumefaciens* elabora ácido indoleacético (Berthelot y Amoureux), substancia capaz de estimular la multiplicación de las células vegetales (figura 4). Dicha substancia parece acumularse en los tejidos en cantidades del orden de 10^{-7}, suficientes para producir una intensa proliferación celular. Su difusión alrededor del foco inicial explicaría la formación de tumores secundarios desprovistos de bacterias.

NATURALEZA CANCEROSA DEL CROWN-GALL

Sin embargo, dos biólogos norteamericanos, Braun y White, se resistieron a aceptar tan simple explicación de los procesos tumorales producidos por el *Phytomonas*. Para profundizar más en dicha cuestión se ocuparon en comparar las propiedades fisiológicas de las células del Crown-Gall con las de elementos normales de plantas idénticas, recurriendo para establecer dicha comparación al método del cultivo de tejidos.[1] Así aislaron fragmentos de tumores secundarios que, como hemos dicho, no contienen bacterias, e intentaron cultivarlos en un medio con sales minerales, un azúcar y trazas de glicocola y de vitamina B1, logrando un completo éxito, ya que obtuvieron de este modo una matriz capaz de proliferar indefinidamente (figura 5). A pesar de la ausencia de *Phytomonas*, dichos tejidos conservan en cultivo su carácter tumoral, puesto que si se los injerta en una planta sana se obtienen nuevos tumores (figura 6). White y Braun demostraron así que la bacteria del Crown-Gall no hace sino iniciar el proceso tumoral, que persiste aun en ausencia de aquélla. Podía por lo tanto considerarse al Crown-Gall como un verdadero cáncer.

COMPARACION DE LAS PROPIEDADES DE LAS CELULAS DEL CROWN-GALL Y DE LAS CELULAS NORMALES

Pero Braun y White no habían comparado realmente las propiedades fisiológicas de las células cancerosas y de las normales puesto que no habían conseguido cultivar los tejidos normales. Por lo tanto nosotros tratamos de cultivar los tejidos del Crown-Gall de diversas especies (Escorzonera, Aguaturma) de las que ya sabíamos cultivar los tejidos normales. Al intentar precisar las necesidades nutricionales de ambos tipos de cultivo hemos constatado que los medios utilizados para cultivar los tejidos tumorales, que están desprovistos de substancias de división, son capaces de mantener la proliferación de los tejidos normales si se les añade ácido indoleacético. Al fin de elucidar dicha diferencia de comportamiento de ambos tipos de tejidos, Kulescha ha dosificado las substancias de crecimiento o auxinas elaboradas por los tejidos, revelando dichas dosis que las colonias normales no elaboran más que una cantidad insignificante de auxina, que evaluada en ácido indoleacético equivale a una dosis del orden de 0,1 a $0{,}3 \cdot 10^{-8}$, mientras que los cultivos de tejidos del Crown-Gall sin bacterias contienen una concentración del orden de $5 \cdot 10^{-8}$, que basta para estimular activamente la multiplicación de las células. Se podía afirmar como consecuencia de dichos experimentos que la transformación tumoral consiste en el hecho de que las células manifiestan una intensificación de su poder de sintetizar las auxinas, que son los factores esenciales de la proliferación. Gracias a dicha intensificación son capaces de multiplicarse sin freno en el seno de los parenquimas de la planta normal, aunque sean éstos pobres en auxinas.

MECANISMO DE LA TRANSFORMACION TUMORAL

Pero las investigaciones mencionadas no agotaron el problema del Crown-Gall ya que no habían indicado cuál fuese el mecanismo de la transformación tumoral. Para columbrar dicho mecanismo convenía en primer lugar explicar cómo podían presentarse las modificaciones provocadas por *Phytomonas* aun después de eliminada esta bacteria.

Para explicar dicha persistencia era posible imaginar que la bacteria ocasionaba una transformación permanente de las células que tenía por efecto incrementar la síntesis de las auxinas. Pero para hacer plausible tal hipótesis faltaba aún conocer el factor que permitiese dicha acción bacterial.

LA TEORIA QUIMICA

Diversos experimentos hicieron suponer en primer lugar que dicha transformación podía deberse al ácido indoleacético elaborado por *Phytomonas*. En efecto, hemos podido comprobar que si sometemos cultivos de tejidos normales durante varios años a dosis convenientes de ácido indoleacético, se les puede hacer adquirir algunas

[1] ENDEAVOUR, 7, 75.

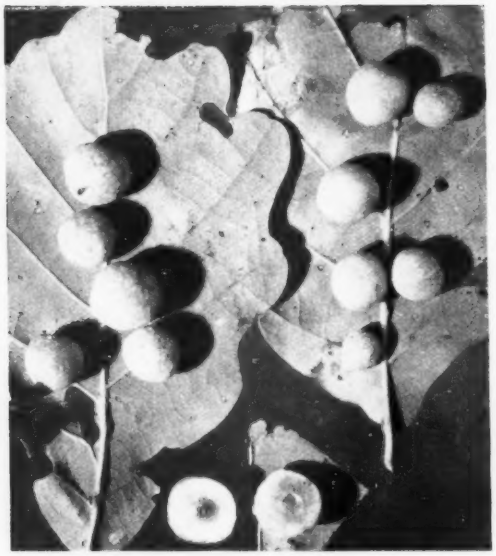


FIGURA 1 – *Tumescencia producida en una hoja de Haya por una larva himenóptera. El neoplasma se desarrolla muy débilmente y sólo presenta un carácter benigno.*

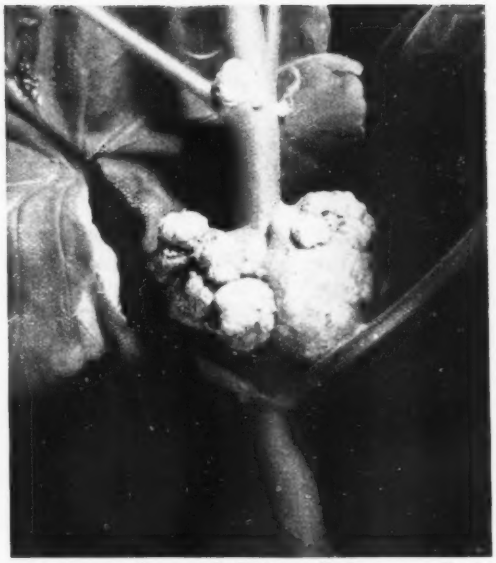


FIGURA 2 – Crown-Gall *desarrollado en un tallo de* Pelargonium. *Este exuberante tumor está provocado por una bacteria específica:* Phytomonas tumefaciens.

FIGURA 3 – *Producción de metástasis por el* Crown-Gall. *La fotografía representa el tallo de un girasol al que se han inoculado células de* Phytomonas tumefaciens, *desarrollándose un tumor en la región contaminada (abajo), y apareciendo luego tumores secundarios sobre una hoja muy alejada del foco original (arriba, izquierda). Estos tumores no contenían bacterias (Braun y White).*

FIGURA 4 – *Fragmento de raíz de beleño* (Hyoscyamus) *cultivado en un medio que contenía ácido indoleacético en una concentración de* 1 : 10^6. *Se ha producido una voluminosa protuberancia parenquimatosa bajo la acción de la substancia favorecedora del crecimiento. El aspecto y estructura de dicha protuberancia son análogos a los de los neoplasmas provocados por bacterias del* Crown-Gall.

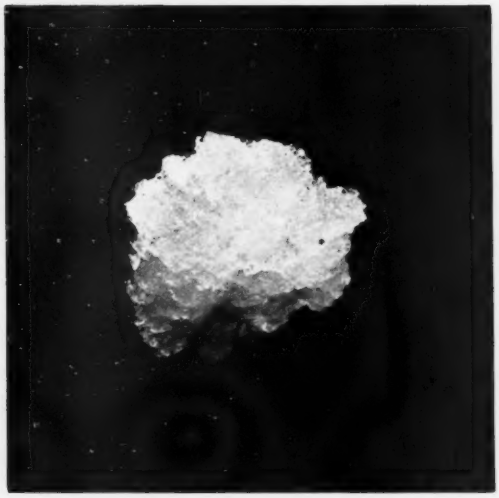


FIGURA 5 – *Cultivo de tejidos de* Crown-Gall *del girasol. Se trata de un cultivo aséptico realizado a base de un tumor secundario sin* Phytomonas. *Esta colonia proviene de una «matriz» que ha sufrido numerosas replantaciones (Braun y White).*

FIGURA 6 – *Tumor obtenido injertando un cultivo aséptico de* Crown-Gall *en un tallo de girasol.*

FIGURA 7 – *Cultivo de tejido normal de escorzonera originado en una «matriz» que ha sufrido numerosas replantaciones. Dichos tejidos sólo elaboran una cantidad insignificante de auxinas y son, por tal razón, incapaces de proliferar sin ácido indoleacético. Si se los injerta en fragmentos de raíces no muestran desarrollo alguno. Es de notar que la colonia de la fotografía es opaca y compacta.*

FIGURA 8 – *Cultivo de tejidos de* Crown-Gall *de escorzonera. Esta colonia elabora cantidad suficiente de auxinas para poder proliferar en un medio desprovisto de substancias de crecimiento. Puede desarrollarse y producir un tumor mediante su injerto en un fragmento de raíz normal. Nótese que presenta aspecto translúcido.*

FIGURA 9 – *Colonia tumoral proveniente de una «matriz» normal de tejido de escorzonera tratada durante largo tiempo con ácido indoleacético. Dicha matriz ha adquirido la facultad de elaborar grandes cantidades de auxinas y, por lo mismo, es capaz de proliferar sin substancias de crecimiento. Por transplante a fragmentos de raíces normales puede llegar a producir tumores. Obsérvese que es translúcida como la matriz del* Crown-Gall, *en vez de opaca como la colonia normal.*

veces las propiedades fundamentales de las colonias tumorales. Dicha transformación obtenida por vía química no deja de recordarnos las mutaciones sectoriales de las colonias de levaduras. Se manifiesta mediante la aparición en la superficie de una colonia normal de un pezón translúcido que puede transplantarse separadamente y producir colonias de un nuevo tipo (figuras 7, 8 y 9) que poseen carácter tumoral. En efecto, dichas colonias elaboran una dosis de auxina comparable a la contenida en los tejidos del Crown-Gall (que corresponde a $3 \cdot 10^{-8}$ de ácido indoleacético), lo que les confiere la propiedad de proliferar intensamente en un medio desprovisto de hetero-auxinas. Producen además tumores por injerto en fragmentos de plantas normales. Los tejidos así modificados se asemejan a los del Crown-Gall. Se puede pues admitir, como hemos indicado anteriormente que el ácido indoleacético segregado por *Phytomonas* sería la causa directa de la transformación tumoral producida por dicha bacteria.

CRITICA DE LA TEORIA QUIMICA

Pero hay varios datos que indican que no debe identificarse la cancerización química con la bacterial; ésta se produce casi instantáneamente y de forma constante, siendo suficiente la presencia de *Phytomonas* durante diez horas en el interior de los tejidos. Por el contrario, la acción carcinogénica del ácido indoleacético no se produce sino tras un largo lapso.

La cancerización bacterial es, por tanto, un fenómeno inevitable en el que *Phytomonas* representa un papel auténticamente específico; mientras que la cancerización química es una transformación esporádica en la que el ácido indoleacético no hace más que revelar las potencialidades de transformaciones tumorales inherentes en los tejidos.

En ciertas plantas no se producen tumores sino bajo la acción conjunta de *Phytomonas* y de un suministro externo de ácido indoleacético. Dicho condicionamiento múltiple excluye la posibilidad de que el ácido indoleacético pueda por sí sólo ser el factor de la transformación tumoral.

LA TEORIA VIROLOGICA

La teoría química choca por lo tanto con serias dificultades y se ha pensado que sería posible explicar más fácilmente los fenómenos tumorales por medio de una hipótesis virológica, cuya aplicación al caso del Crown-Gall consistiría en imaginar que *Phytomonas* se asocia a un virus carcinogénico que persiste luego de haber sido eliminada la bacteria de los tejidos. En el caso de los tumores químicos se podría asimismo admitir la participación de un virus carcinogénico que, en este caso, tendría un origen endógeno. Dicha hipótesis virológica del cáncer vegetal carece evidentemente de fundamento, aunque no es totalmente gratuíta ya que se conocen algunas plantas (Black) en que se dan tumores originados por virus. Además es hasta hoy la única forma de explicar plausiblemente los fenómenos de cancerización por injerto.

NATURALEZA DE LA TRANSFORMACION TUMORAL

Nos queda por último preguntarnos cuál pueda ser la naturaleza de la transformación tumoral. Cuestión que no se nos plantea si admitimos la teoría virológica, ya que es entonces posible imaginar que el virus carcinogénico actúa simplemente mediante la elaboración de las substancias de división, o bien incrementando la síntesis de las auxinas en las células contaminadas. Pero si rechazamos la hipótesis virológica, es a todas luces preciso imaginar un mecanismo de diversa naturaleza.

Podemos, por ejemplo, suponer la posibilidad de una mutación provocada bien por la bacteria o bien por el ácido indoleacético. Dicha concepción no está al abrigo de toda crítica; el carácter ineluctable de la cancerización bacterial concuerda muy difícilmente con la posibilidad de una mutación, ya que este fenómeno es siempre esporádico. Por el contrario, la noción de la mutación parece de más fácil aplicación en el caso de la cancerización química que, como hemos dicho, se opera excepcionalmente y de manera irregular. Pero nuestras observaciones más recientes han establecido que existen grados muy numerosos de intensidad de la transformación tumoral provocada por el ácido indoleacético, y esta particularidad es difícilmente compatible con la idea de una mutación, dado que ésta es un fenómeno de todo o nada.

CONCLUSION

En resúmen, el estudio experimental de los fenómenos tumorales en el reino vegetal ha producido resultados fundamentales. Ha revelado que las células vegetales pueden manifestar verdaderos fenómenos cancerosos análogos a los que caracterizan el cáncer animal. Por otra parte, la interpretación de los resultados aportados ha suscitado hipótesis fecundas, algunas de las cuales permitirán quizás ayudar a conocer la significación general del cancer.

Herencia de los tumores pigmentarios en los peces

MYRON GORDON

«El sistema pigmentario está sujeto a desviaciones de su forma, estructura y actividad normales. En particular las proliferaciones neoplásticas se encuentran en muchas especies de animales en los que las células pigmentarias desempeñan un papel predominante. Entre dichos neoplasmas se cuentan algunos de los más virulentos tumores conocidos, así que toda luz que pueda arrojarse sobre su origen y comportamiento será considerada como una aportación potencial para su comprensión y tratamiento».—[Ross G. Harrison en *Biology of Melanomas.*]

Entre los más nuevos «instrumentos vivientes» a disposición del investigador del cáncer están los peces. Estos animales acuáticos son de particular importancia para los estudios de proliferación celular pigmentaria normal y atípica [18]. Los patólogos que han estudiado y comparado los tumores de células pigmentarias negras en ejemplares de seis clases de vertebrados, descubrieron que el melanoblasto es la célula tipo común en los melanomas de todos los animales, el hombre inclusive [6, 19, 22, 24].

El origen embriónico de las células pigmentarias ha sido descubierto recientemente. Experimentos concluyentes demuestran que en la salamandra, pájaros y ratones, proceden de la cresta neural [7, 26]. Estas primitivas células pigmentarias se caracterizan por su gran movilidad y capacidad de esparcirse por todo el cuerpo [7, 26]. En los ciclostomos, elasmobranquios, peces, anfibios y reptiles, las melanóforas aparecen normalmente en las áreas perineural, periceolómica y perivascular, así como en la piel [34]. En los pájaros y mamíferos las células pigmentarias están localizadas en la epidermis, son menos comunes en la dermis; se las encuentra alguna que otra vez en las meninges y son raras en las regiones profundas [34]. Ha sido descrito un caso en el hombre, de un melanoma en la membrana meníngea pigmentada del cerebro [9].

Las células pigmentarias y sus efectos cromáticos han sido desde largo tiempo el tema favorito de los investigadores de los problemas de la genética. Esto es particularmente cierto en el estudio de la herencia en los peces, ya que algunas de dichas especies polimórficas tienen una gran variedad de esquemas de color [16].

Las cromatóforas que producen los varios esquemas de color en los vertebrados inferiores son generalmente conocidas por la clase principal de pigmento que contienen. Así, a las células coloríferas que contienen pigmentos negros se las llama melanóforas; eritróforas, las dotadas con gránulos rojos; a aquellas cuya materia colorante es amarilla se las conoce por xantóforas y las cromatóforas que tienen cristales de guanina son llamadas guanóforas [2, 25]. Algunas clases de cromatóforas pueden formar una simple unidad cromática multicelular. Algunas cromatóforas, especialmente entre los peces, son complicadas en extremo y una sola célula puede contener una combinación de varios elementos de color; por ejemplo, la xanto-eritrófora tiene pigmentos amarillos y rojos. Ha sido dilucidada recientemente la química de esta extraordinaria cromatófora, y se ha encontrado que la luteína y la zeaxantina constituyen la substancia amarilla en la xantoeritrófora mientras que la eritropterina forma su pigmento rojo [12].

Los neoplasmas procedentes de melanóforas constituyen el tipo más común de tumores de células pigmentarias. Los tumores melanóticos han sido encontrados en los ejemplares salvajes de once órdenes de elasmobranquios y verdaderos peces [18]. No obstante no se encontró melanomas en ninguno de los 20 000 ejemplares silvestres de xifóforos y platipecilos cuidadosamente examinados. Con todo, por métodos genéticos se han podido inducir centenares de melanomas en la prole híbrida con motas negras de xifóforo y platipecilo mejicanos criados en el laboratorio [3, 4, 5, 17, 18, 22].

Los tumores procedentes de las células pigmentarias más coloreadas son relativamente raros en los peces. En una inspección, de 100 000 peces del Mar de Japón, que ha durado doce años, únicamente se descubrieron un tumor plateado, un guanoforoma, en un curadillo y un tumor verdoso, un «alloforoma» en una trilla [31, 32]. En Europa

PLANCHA I

Eritromelanomas en la cabeza

Platipecilo × Xifóforo

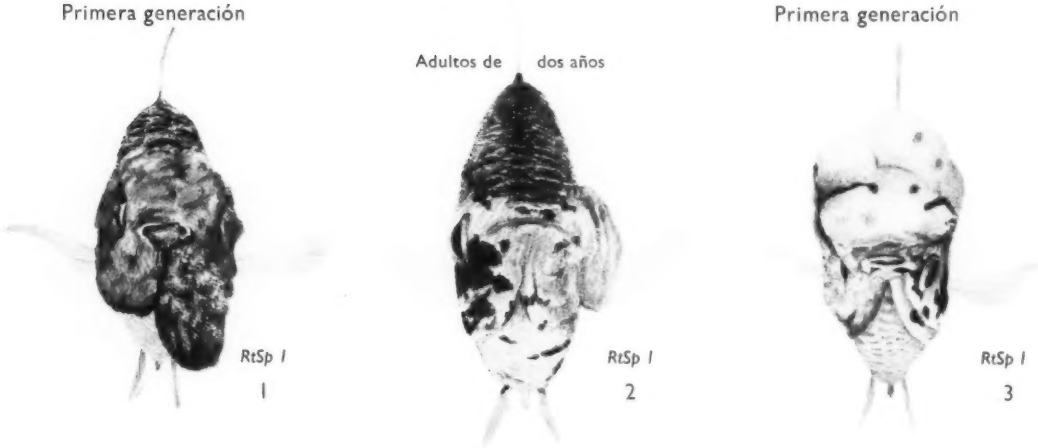
Platypoecilus maculatus *Xiphophorus hellerii*

Segunda generación

Primera generación

Adultos de dos años

Primera generación



Recruzamiento

De un día de edad

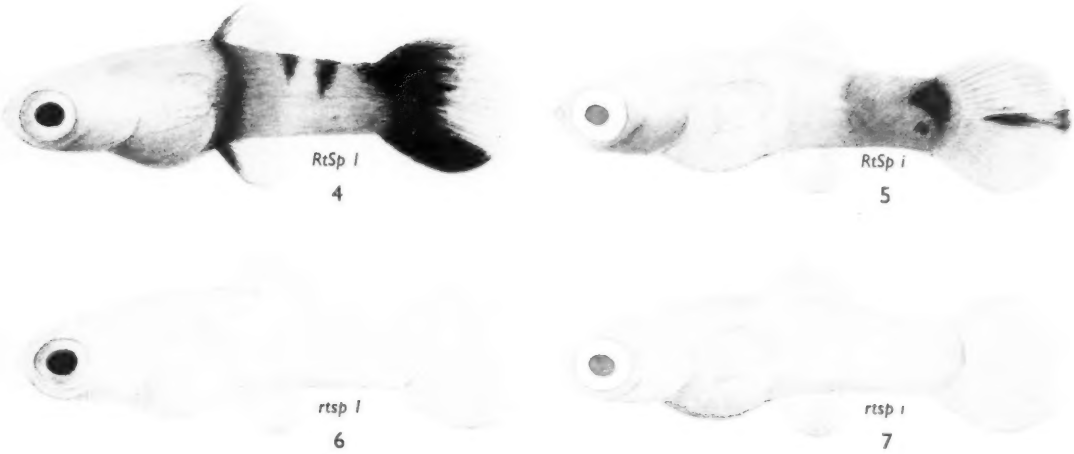


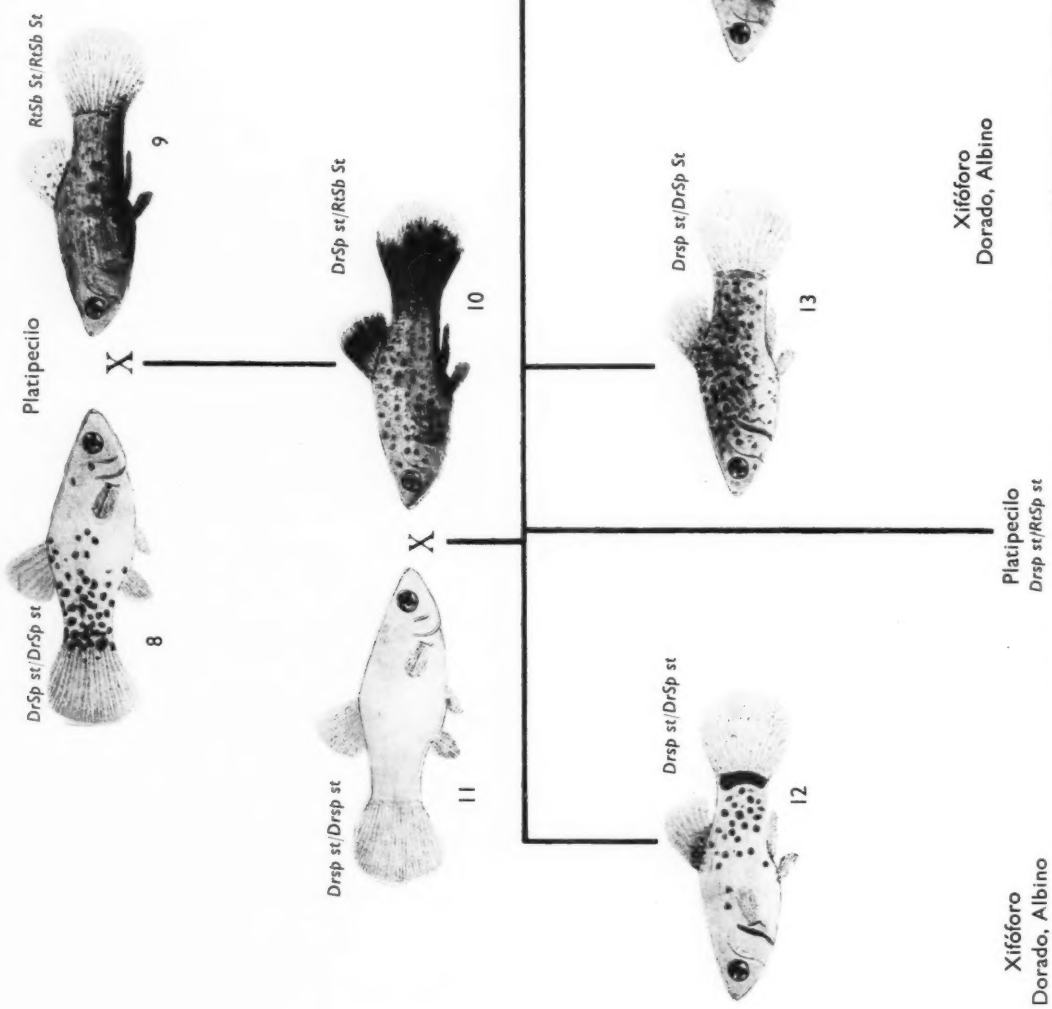
FIGURA 1 – *Vista de frente del híbrido platipecilo-xifóforo, número 206–12, con eritromelanoma de la cabeza. El mismo individuo puede verse de perfil en la figura 20.* FIGURA 2 – *Híbrido platipecilo-xifóforo, descendiente de el número 206–12 y de un híbrido normal. Para otra generación de híbrido con un eritromelanoma de la cabeza, véase la figura 23.* FIGURA 3 – *Híbrido platipecilo-xifóforo número 206–14, una variación en la forma del eritromelanoma de la cabeza.*

Los cuatro fenotipos obtenidos apareando un híbrido, número 206–12 con un progenitor xifóforo, albino, dorado. FIGURA 4 – *Coloración típica de un híbrido, cuello carmín y flancos moteados.* FIGURA 5 – *Híbrido, de cuello carmín y flancos moteados con genes* ii *albino. Obsérvense los ojos rosados.* FIGURA 6 – *Híbrido amarillo de oro y ojos negros.* FIGURA 7 – *Híbrido albino, amarillo de oro. Obsérvense los ojos rosados.*

El tipo prominente es el RtSp i (*figura* 5). *Ordinariamente el gene* ii *albino inhibe la capacidad del gene* Sp *para formar pigmentación de melanina, pero en los individuos con melanomas, como el que aparece en la ilustración, en los que* Sp *está asociada con* A *y* B, *los melanoblastos en su proliferación autónoma, se sobreponen a los efectos inhibitorios de* ii *y se forma entonces pigmentación negra.*

PLANCHA 2

Genética de los eritromelanomas



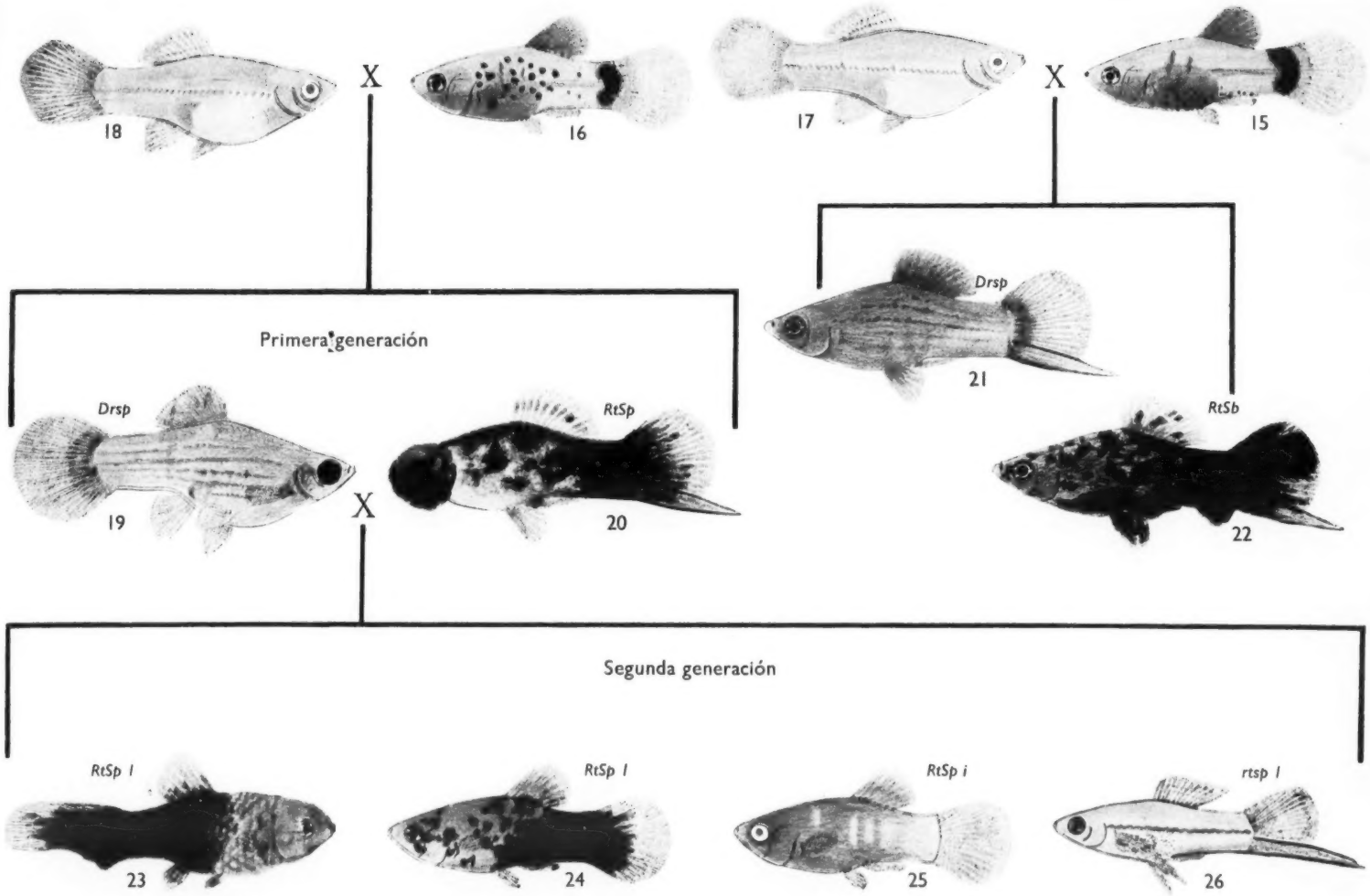


FIGURA 8 – *Platipecilo hembra, amarillo de oro, aletas dorsales rojas, moteado en negro.* FIGURA 9 – *Platipecilo macho, punteado, cuello carmín y vientre moteado.* FIGURA 10 – *Platipecilo macho, punteado, aletas dorsales rojas, moteado en negro, cuello carmín y vientre moteado.* FIGURA 11 – *Platipecilo hembra, amarillo-oro y dorsales rojas.* FIGURA 12 – *Platipecilo macho, amarillo-oro, dorsales rojas y flancos moteados.* FIGURA 13 – *Platipecilo macho, punteado, dorsales rojas y flancos moteados.* FIGURA 14 – *Platipecilo macho, punteado, dorsales rojas, cuello carmín y vientre moteado.* FIGURA 15 – *Platipecilo macho, amarillo-oro, dorsales rojas, cuello carmín, vientre moteado.* FIGURA 16 – *Platipecilo macho (excepcional), amarillo-oro, dorsales rojas, cuello carmín y flancos moteados.* FIGURA 17 – *Xifóforo hembra, albino, amarillo-oro.* FIGURA 18 – *Xifóforo hembra, amarillo-oro.* FIGURA 19 – *Híbrido platipecilo-xifóforo normal, hembra, amarillo-oro, dorsales rojas.* FIGURA 20 – *Híbrido macho, amarillo-oro, cuello carmín y flancos moteados con eritromelanomas de la cabeza.* FIGURA 21 – *Híbrido platipecilo-xifóforo normal, amarillo-oro y dorsales rojas.* FIGURA 22 – *Híbrido amarillo-oro, cuello carmín, vientre moteado, con melanoma en la línea medioventral.* FIGURA 23 – *Híbrido de segunda generación con eritromelanoma de cabeza.* FIGURA 24 – *Híbrido de segunda generación con melanosis. Tal vez pueda desarrollar eritromelanoma cuando sea más viejo.* FIGURA 25 – *Híbrido albino de segunda generación presentando inhibición del pigmento de melanina. Las xantoeritróforas no están inhibidas.* FIGURA 26 – *Híbrido de segunda generación, parecido al híbrido xifóforo, amarillo-oro, macho, normal.*

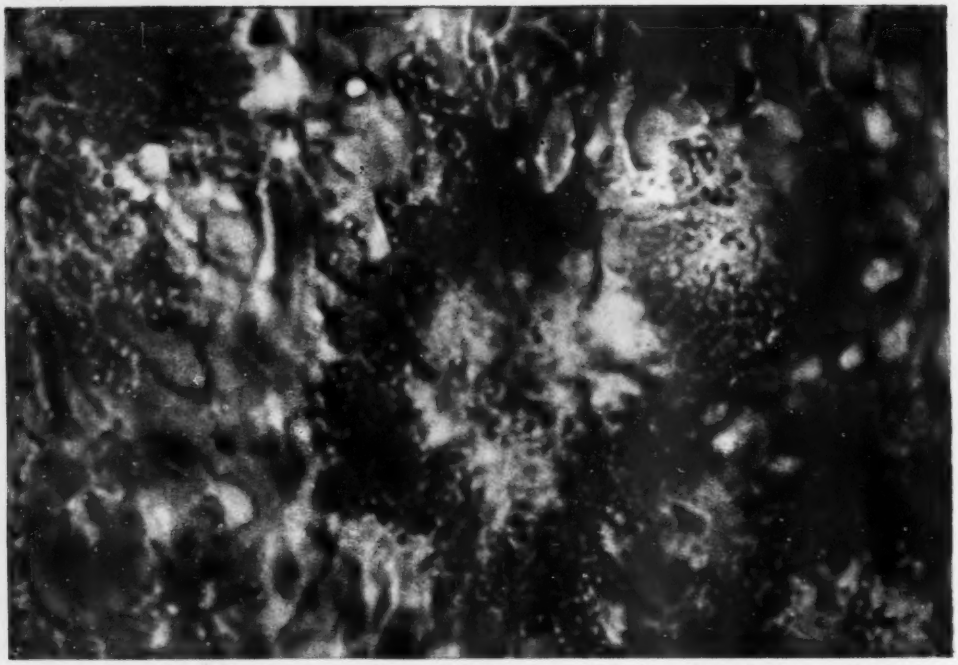


FIGURA 27 – *Una xantoeritróforа procedente del* Xiphophorus hellerii. *Fotografía de una célula viviente tomada por Marian Hedenberg, por cortesía del Dr. H. B. Goodrich.* (× 1350)

se ha hablado una sola vez de un xantoma en un tiburón [28]. Cuatro eritroforomas fueron descubiertos entre peces silvestres: en dos truchas europeas, en un atún y en un rodaballo americano [29, 33].

En total, el número de tumores rojos y negros descritos en todos los peces se eleva solamente a ocho. Este es exactamente el número de casos de tumores rojos y negros que hemos descubierto en una sola cría de híbridos nacidos de la unión de un platipecilo, único en su género, de color rojo con motas negras y un xifóforo albino (plancha 2). A causa de la gran frecuencia de estos extraños eritromelanomas, ha sido analizada la historia genética de los animales. Antes de describir nuestros resultados sería ventajoso indicar el papel específico de las macromelanóforas en el desarrollo de melanomas en los híbridos de platipecilo y xifóforo.

En el *Platypoecilus maculatus* mejicano, de agua dulce, se dan más de cien modelos negros. Estos están formados por dos clases de melanóforas, una grande y otra pequeña, distribuídas muy variadamente por todo el cuerpo. Las micromelanóforas (controladas por el gene *St*) cubren la superficie por entero y junto con las subyacentes xantóforas dan al pez una coloración gris olivo-verdosa. Las macromelanóforas (controladas por el gene *Sp*) son visibles a simple vista y dan al pez una apariencia moteada.

En una larga serie de experimentos genéticos con platipecilos y xifóforos variamente coloreados, se vió que la macromelanófora (*Sp*) era la célula inicial en el desarrollo de melanomas en los híbridos [16, 17, 18]. El experimento decisivo dependía de conseguir, primero un platipecilo de raza pura con macromelanóforas (*Sp*) pero sin micromelanóforas (*stst*) y segundo, un xifóforo sin ninguna melanófora (*spsp stst*). Disponíamos de un xifóforo albino de ojos rosados (*ii*) visiblemente libre de melanóforas; pero se descubrió, por los ensayos, que llevaba el factor dominante genético para las micromelanóforas (*StSt*), viéndose inhibido el gene *St*, productor de melanina, por el gene *ii*. Después de algún trabajo preliminar se desarrolló un stock especial de albinos que eran recesivos lo mismo para las micromelanóforas que para el albinismo (*stst ii*). Un xifóforo albino hembra

(*stst ii*) fué apareado con un platipecilo macho portador únicamente de macromelanóforas (*stst Spsp*). Este apareamineto puede representarse genéticamente como sigue:

Xifóforo albino P_1 *Platipecilo con macromelanófora*
stst ii spsp × *stst II Spsp*
F_1 híbridos

stst Ii Spsp: 20 eran intensamente negros, presentando proliferación hiperplástica de macromelanóforas; algunos desarrollaron melanomas.

stst Ii spsp: 29 eran amarillentos, con ojos negros, normales.

Este experimento demuestra que las macromelanóforas por sí solas pueden iniciar melanomas en los híbridos de platipecilo y xifóforo.

Se pudo hacer remontar la historia genética de los eritromelanomas que se desarrollaron en notable proporción de una sola cría de híbridos platipecilo-xifóforo hasta el apareamiento de un platipecilo macho excepcionalmente coloreado y un xifóforo hembra albino. El platipecilo macho que tenía una combinación poco común de genes de color, *Rt* para el cuello carmín y *Sp* para el diseño del flanco moteado, fué obtenido como producto de una serie sistemática de estudios sobre los mecanismos genéticos para la determinación del sexo en los peces. En este análisis se dispuso el apareamiento entre dos estirpes domesticadas de platipecilo de raza pura [14, 15].

El abuelo del excepcional *RtSp* platipecilo tenía los siguientes genes y sus correspondientes esquemas de coloración (plancha 2):

Rt (*cuello carmín*), gene relacionado con el sexo para las xanto-eritróforas; es un alelomorfo de *Dr*.

Sb (*vientre moteado*), gene relacionado con el sexo para macromelanóforas; es un alelomorfo de *Sp*.

St (*punteado*), gene autosomal para micromelanóforas, que produce coloración gris en el cuerpo.

La abuela del platipecilo *RtSp* tenía los siguientes genes y sus correspondientes esquemas de coloración:

Dr (*aleta dorsal roja*), gene relacionado con el sexo para las xanto-eritróforas; es un alelomorfo de *Rt* [11].

Sp (*flancos moteados*), gene relacionado con el sexo para las macromelanóforas; es un alelomorfo de *Sb* [11].

st (*punteado*), es un gene recesivo que produce en el cuerpo un color amarillo de oro; es un alelomorfo de *St* [13, 16].

Así el apareamiento de un platipecilo hembra, de aletas rojas y moteado negro, y un macho de cuello carmín y vientre moteado, se puede representar como sigue, donde la W indica un fuerte cromosoma hembra determinante y la Y el cromosoma macho determinante en el linaje de platipecilo domesticado [15] (apareamiento N° 1; plancha 2, figuras 8 y 9):

Hembra P_1 *Macho*
(W)*DrSp st*/(Y)*DrSp st* × (Y)*RtSb St*/(Y)*RtSb St*
F_1 Raza N° 104

24 hijas: (W)*DrSp st*/(Y)*RtSb St*.

19 hijos: (Y)*DrSp st*/(Y)*RtSb St* (plancha 2, figura 10).

Uno de los machos F_1 (Cultivo N° 104) fué seleccionado y se le apareó con una hembra de aletas rojas de una estirpe que era homóziga con los genes *st* y *Dr*. Esta hembra tenía dos cromosomas X característicos del platipecilo silvestre. Cuando una hembra XX *silvestre* es apareada con un macho YY *domesticado*, de la unión nacen hijos pero no hijas [15].

Los resultados obtenidos en el segundo apareamiento pueden expresarse genéticamente como sigue (plancha 2, figuras 10 y 11):

Hembra P_1 *Macho*
(X)*Drsp st*/(X)*Drsp st* × (Y)*DrSp st*/(Y)*RtSb St*
F_1 Raza N° 173

28 machos: (X)*Drsp st*/(Y)*DrSp St*, dorsal roja; flancos moteados; cuerpo de color verde oliva (figura 13).

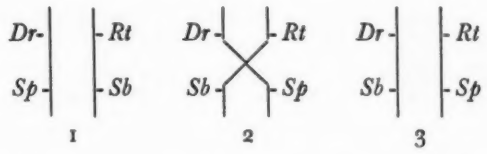
13 machos: (X)*Drsp st*/(Y)*DrSp st*, dorsal roja; flancos moteados; cuerpo de color amarillo-oro (figura 12).

32 machos: (X)*Drsp st*/(Y)*RtSb St*, dorsal roja; cuello carmín, vientre moteado; color del cuerpo, aceitunado (figura 14).

20 machos: (X)*Drsp st*/(Y)*RtSb st*, dorsal roja; cuello carmín, vientre moteado; cuerpo de color amarillo-oro (figura 15).

1 macho: (X)*Drsp st*/(Y)*RtSp st; Excepcional cruzamiento intercromosómico*, dorsal roja; cuello carmín, flancos moteados, cuerpo de color amarillo-oro (figura 16).

La presencia de un excepcional macho *Drsp st*/*RtSp st* en una cría de 94 platipecilos puede ser atribuída al cruzamiento intercromosómico casual de un cromosoma Y del macho progenitor que produjo un gameto que contenía los genes *Rt* y *Sp* según el posible método siguiente:



El cruzamiento de los cromosomas sexuales del platipecilo, previamente mencionado, se da en una proporción de 1 por ciento [11, 14, 15].

El excepcional macho *RtSp st/Drsp st*, cuello carmín y flancos moteados (Raza N° 173–15) ha sido utilizado en dos experimentos. Primeramente fué apareado con un xifóforo albino que era recesivo para el albinismo (*ii*) y para el color amarillo-oro (*stst*) indicado como sigue: *st i/st i* [18]. Por lo mismo que el platipecilo y el xifóforo eran recesivos para el amarillo-oro, el gene *stst* no se indicará ninguna vez más. *A* y *B* en el albino (*Vide infra*) representan supuestos factores múltiples dominantes que modifican el tipo de proliferación normal de las macromelanóforas representadas por el gene *Sp* [17]. El apareamiento número 3 es como sigue (plancha 2, figuras 16 y 18):

Xifóforo hembra (182–1) Albino	P_1	*Platipecilo macho* (173–15) Aletas rojas, cuello carmín y flancos moteados
A B drsp i/A B rtsp i	×	*a b Drsp I/a b Rtsp I*

F_1 Raza N° 206

18 *A B drsp i/a b Drsp I*, híbridos platipecilo-xifóforo rojos, normales (figura 19).

14 *A B rtsp i/a b RtSp I*, híbridos melanóticos, 8 *de los cuales desarrollaron eritromelanomas* en la cabeza a los dos o más años de edad (figura 20).

El excepcional *RtSp st* platipecilo macho (N° 173–15) fué más tarde apareado con un platipecilo amarillo-oro (*rtsp st*) de una estirpe domesticada muy afín. Este apareamiento (número 4) produjo 26 descendientes, 11 de los cuales fueron fenotípicamente *RtSp st* y ninguno anormal, y desde luego los 15 recesivos *rtsp st* fueron también normales. El apareamiento subsiguiente entre estos tipos de platipecilos domesticados (*RtSp st*) no ha producido todavía individuos anormalmente pigmentados en más de 300 peces criados hasta la madurez. Así los híbridos platipecilo-xifóforo patológicos del cultivo número 206 deben haber sido producidos por la peculiar combinación encadenada de los genes de color *RtSp* del platipecilo con los genes modificadores de color *A* y *B* del xifóforo albino.

Cuando un macho híbrido platipecilo-xifóforo (206–12) con un eritromelanoma en la cabeza fué apareado a su hembra normal, hermana (206–1) produjeron 102 descendientes de segunda generación. Los resultados de este apareamiento (número 5) pueden ser representados como sigue (plancha 2, figuras 19, 20, 23, 24, 25, 26):

Hembra Híbrida (206–1) Roja, normal		*Macho Híbrido* (206–12) Eritromelanoma en la cabeza
A B drsp i/a b Drsp I	×	*A B rtsp i/a b RtSp I*

El número de diferentes genotipos posibles procedentes de apareamiento (sin incluir los de cruzamiento intercromosómico) es más del doble del actual número de F_2 híbridos criados. Por esta razón no podemos hacer un detallado análisis genético de los híbridos 102 F_2. Con todo, el número de animales *RtSp* probable puede fácilmente estimarse que es de un 50%, o sea, 51 del número total 102. En realidad habían 53 *RtSp* híbridos, 11 de los cuales presentaban señales inconfundibles de eritromelanomas en la cabeza. Este número (11) era menor que el número probable (39), si la combinación sugerida de genes *RtSp A B* únicamente produce los tumores. Evidentemente habían otros factores involucrados, pero no pudieron identificarse en este experimento. (Para algunos de los fenotipos, véanse en la plancha 2 las figuras 23, 24, 25, 26.)

Existen además pruebas indirectas de que la unión de los genes *RtSp* es necesaria para el desarrollo de eritromelanomas en los peces híbridos. Procedente de la misma cría que produjo el excepcional macho *RtSp* del cultivo número 173, se seleccionó otro macho (*RtSb*) de los mismos padres con el habitual cuello carmín y vientre moteado, apareándolo a un xifóforo hembra, albino, del cultivo del mismo número, como se hizo previamente. Este apareamiento, número 6, puede ser representado como sigue (plancha 2):

Xifóforo hembra (182–2) Albino (figura 17)	P_1	*Platipecilo macho* (173–13) Cuello carmín, vientre moteado (figura 15)
A B drsb i/A B rtsb i	×	*a b Drsp I/a b RtSb I*

F_1 Raza N° 207

14 *A B drsb i/a b Drsp I*, aletas rojas, cuerpo rojo, híbridos normales (figura 21).

12 *A B rtsb i/a b Rtsb I*, todos sumamente melanóticos, 7 de los cuales desarrollaron melanomas típicos en la región medio ventral a uno o dos años de edad (figura 22).

Es significativo que la combinación *RtSb* junto con *A* y *B* produce melanomas pero es incapaz de originar eritromelanomas. Los melanomas *Sb* se encuentran de ordinario en la región ventral del cuerpo [18].

Se llevó a cabo un experimento adicional (apareamiento N° 7) en un esfuerzo para estudiar el efecto de los genes *ii* albino homózigos en la significación de los eritromelanomas *RtSp* mediante recruzamiento:

Xifóforo hembra (182^2–6) Albino	P_1	*Macho híbrido* (206–12) Eritromelanoma
A B rtsp i/A B rtsp I	×	*A B rtsp i/a b RtSp I*

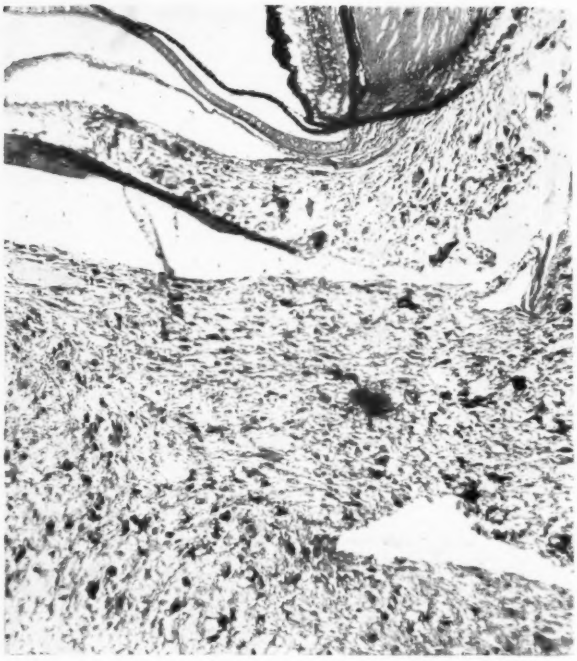


FIGURA 28 – *Sección del eritromelanoma al nivel del ojo a pequeño aumento. Las motas negras son macromelanóforas y los cuerpos grises son eritróforas. La entera proliferación se apoya en un retículo de bien desarrollado tejido conectivo. Nótese la invasión del músculo, cartílago y hueso del ojo. (Hematoxilina y eosina,* × 110)

FIGURA 29 – *Sección a través de un eritromelanoma a grande aumento, mostrando una grande eritrófora con sus núcleos. Esta célula está rodeada por varias grandes macromelanóforas. (Hematoxilina férrica,* × 610)

FIGURA 30 – *Sección a través de un eritromelanoma mostrando la invasión de un vaso sanguíneo, con una célula eritrófora a la derecha del vaso sanguíneo y una macromelanófora sumamente dendrítica a la izquierda del vaso. (Masson,* × 610)

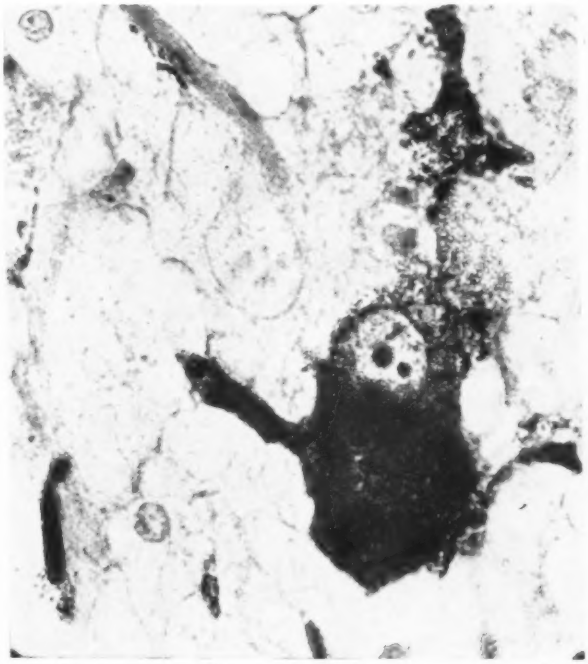


FIGURA 31 – *Sección a través del eritromelanoma mostrando la destrucción de la fibra muscular en el lado superior izquierdo. Una macromelanófora con sus núcleos se encuentra en el centro de la figura, y los núcleos de varias eritróforas están esparcidos en varios puntos. (Masson,* × 610)

Los fenotipos de la prole (Cultivo N° 241) fueron como sigue:

3 *RtSp i*, albinos de ojos rojos, 2 con melanomas amelanóticos, 1 sin tumor alguno, a los 6 meses de edad, semejantes a los representados en la plancha I, figura *RtSp i*.

7 *RtSp I*, típicamente melanóticos; 3 con melanomas a los 6 meses de edad.

7 *rtsp i*, albinos, ojos rojos, normales.

7 *rtsp I*, amarillo-oro, ojos negros, normales.

Al nacer los híbridos *RtSp i* tienen áreas oscuras de pigmentación de melanina sobre parte del cuerpo. Esto es algo muy notable puesto que son de ojos rosados y homózigo-recesivos para el gene albino. Los factores tumorales, *Sp* actuando recíprocamente con *A* y *B*, se sobreponen al efecto albino [3, 4, 18]. (Véase en la plancha 1, Recruzamiento.)

El estudio de estos datos genéticos revela una notable afinidad entre la asociación espacial de los genes y los efectos que producen. La unión de los genes *RtSb* en el platipecilo obrando recíprocamente con los genes modificadores *A* y *B* del xifóforo determina el desarrollo de melanomas en los híbridos. La substitución de *Sp* por *Sb* para producir el sistema *RtSp*, y la introducción de esta combinación de genes en el híbrido platipecilo-xifóforo, da lugar a eritromelanomas en la cabeza.

No obstante, si los genes *Rt* y *Sp* en un platipecilo estuvieran en cromosomas sexuales separados, entonces el platipecilo de cuello carmín, moteado en negro (*Rtsp/rtSp*) cuando se la aparea con un xifóroro albino produciría melanomas más bien que eritromelanomas, porque el platipecilo produce gametos que contienen *Rtsp* o *rtSp* la mayoría de las veces. Ocasionalmente puede contarse con que el platipecilo *Rtsp/rtSp* produzca un gameto *RtSp* creado por cruzamiento intercromosómico de los cromosomas sexuales.

Es una satisfacción para nosotros dar públicamente las gracias al Museo Americano de Historia Natural por sus facilidades de laboratorio; al Instituto Nacional del Cáncer del Servicio de Sanidad Pública de los Estados Unidos por su subvención, que hizo posible este trabajo; al Dr. Ross F. Nigrelli por las fotomicrografías, al Dr. Nigrelli y al Dr. William Antopol por su ayuda en la diagnosis: a Mr. Eric Rosen por sus dibujos, a Mr. Sam C. Dunton por las fotografías y a los señores James W. Atz, Theodor R. Marcus, Walter Chavin, y a Miss Olga Aronowitz por la lectura del manuscrito.

BIBLIOGRAFIA

[1] Ball, H. A. *Cancer Res.*, **6**, 134, 1946.
[2] Ballowitz, E. *Z. Wiss. Zool.*, **104**, 471, 1913.
[3] Breider, H. *Z. Zellforsch.*, **28**, 784, 1938.
[4] *Idem. Z. Wiss. Zool.*, **152**, 89, 1939.
[5] Breider, H., y Seeliger, R. *Ibid.*, **151**, 243, 1938.
[6] Dawson, J. W. *Edinb. Med. J.*, **32**, 510, 1925.
[7] DuShane, G. P. «Biology of Melanomas». N.Y. Acad. Sci., Nueva York. 1948.
[8] Ermin, R. *Rev. Fac. Sci. Univ. d'Istanbul*, **11**, 147, 1946.
[9] Ewing, J. «Neoplastic Diseases». W. B. Saunders y Cía., Filadelfia. 1940.
[10] Feldman, W. H. «Neoplasms of Domesticated Animals». W. B. Saunders y Cía., Filadelfia. 1932.
[11] Fraser, A. C., y Gordon, M. *Genetics*, **14**, 160. 1929,
[12] Goodrich, H. B., Hill, G. A., y Arrick, M. S. *Ibid.*, **26**, 573, 1941.
[13] Gordon, M. *Genetics*, **12**, 253, 1927.
[14] *Idem. Ibid.*, **22**, 376, 1937.
[15] *Idem. Ibid.*, **32**, 8, 1947.
[16] *Idem. Amer. J. Cancer*, **15**; 732, 1495, 1931.
[17] *Idem. Ibid.*, **30**, 362, 1937.
[18] *Idem.* «Biology of Melanomas». N.Y. Acad. Sci., Nueva York. 1948.
[19] Gordon, M., y Smith, G. M. *Amer. J. Cancer*, **34**, 255, 1938.
[20] Grand, C. G., Gordon, M., y Cameron, G. *Cancer Res.*, **1**, 660, 1941.
[21] Haddow, A., y Blake, I. *J. Path. Bact.*, **36**, 41, 1933.
[22] Kosswig, C. *Z. indukt. Abstamm.- u. VererbLehre.*, **52**, 114, 1929.
[23*a*] Lucké, B., y Schlumberger, H. G. *J. tech. Meth.*, **22**, 4, 1942.
[23*b*] *Idem. Physiol. Rev.*, **29**, 91, 1949.
[24] Nigrelli, R. F. *Trans. N.Y. Acad. Sci.*, (2), **1**, 4, 1938.
[25] Parker, G. H. «Animal Colour Changes and their Neurohumours». Cambridge. 1948.
[26] Rawles, M. E. *Physiol. Zoöl.*, **20**, 248, 1947.
[27] Reed, H. D., y Gordon, M. *Amer. J. Cancer*, **15**, 1524, 1931.
[28] Schmey, M. *Frankf. Z. Path.*, **6**, 230, 1911.
[29] Smith, G. M. *Amer. J. Cancer*, **21**, 596, 1934.
[30] Smith, G. M., Coates, C. W., y Strong, L. C. *Zoologica*, **21**, 219, 1936.
[31] Takahashi, K. *Z. Krebsforsch*, **29**, 1, 1929.
[32] *Idem. Proc. Fifth Pacific Congress*, **5**, 4, 51, 1934.
[33] Thomas, L. *Bull. Ass. Franç. Cancer*, **20**, 703, 1931.
[34] Weidenreich, F. *Z. Morph. Anthr.*, **2**, 59, 1912.

Ciclopoliolefinas y moléculas afines

WILSON BAKER

El Profesor Wilson Baker describe en este artículo recientes avances en el conocimiento de ciertos compuestos cíclicos conjugados, distintos de los de carácter bencenoide, y que incluyen cuerpos tan interesantes como la tropilona, los azulenos y varias substancias cíclicas meso-iónicas. Las investigaciones últimas han probado que muchos de los compuestos cíclicos meso-iónicos ya conocidos habían sido erróneamente formulados.

Desde la iniciación de la Química orgánica sistemática se ha considerado al benceno como el hidrocarburo básico, dándole Kekulé en 1865 la fórmula de *ciclo*-hexatrieno (figura 1). Siete años después, y para evitar la dificultad de la inexistencia de bencenos isoméricos del grupo *orto*, sugirió Kekulé que los enlaces dobles oscilaban entre las dos posiciones factibles. Ahora sabemos ya que el benceno posee una estructura única que puede considerarse como un híbrido de ambos *ciclo*-hexatrienos; los enlaces dobles conjugados de dicha estructura única han inter-actuado para producir seis enlaces carbónicos iguales de una longitud de 1,39 Å, valor intermedio entre el de un enlace carbónico simple (1,54 Å) y el de uno doble carbono-carbono (1,34 Å). La inter-acción de los enlaces produce una considerable estabilización de la molécula, y los cálculos basados bien en el calor de combustión o bien en el de hidrogenación (Kistiakowsky) muestran que el calor de la formación bencénica es de unas 39 kilocalorías por molécula-gramo más que el de la molécula hipotética de *ciclo*-hexatrieno con enlaces dobles no interactuantes.

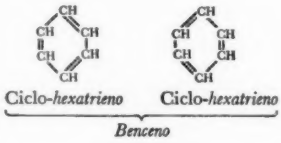


FIGURA 1

Este calor de formación extra, denominado generalmente energía de resonancia, confiere a la molécula una estabilidad que no puede esperarse en el *ciclo*-hexatrieno, causando también que el benceno se comporte químicamente en la mayoría de las reacciones como un compuesto saturado que reacciona por substitución, y no como una olefina que normalmente reacciona por adición. Durante mucho tiempo se ha dudado si otras olefinas cíclicas conjugadas, tales como el *ciclo*-butadieno o el *ciclo*-octatetraeno (figura 2) poseerían las características aromáticas típicas de estabilidad y elevado grado de saturación, y ahora se sabe ya que en tal caso los enlaces dobles de los sistemas conjugados deben ser capaces de un alto grado de inter-acción de resonancia. Es además esencial para la resonancia que la molécula sea plana, debido a que las formas que se considera pueden contribuir a la creación del híbrido deben poseer casi exactamente la misma posición relativa de los átomos, y si, por razón de las tensiones, ello no es posible la molécula no será entonces aromática sino que se comportará como una *ciclo*-poliolefina. Las condiciones de resonancia se cumplen claramente en el *ciclo*-hexatrieno, que es así la molécula simple del benceno.

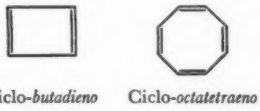


FIGURA 2

En el *ciclo*-butadieno, aunque hemos de suponer en todo caso su planicie, los ángulos internos de 90° están bien lejos de los de 120° del C=C—C natural, y la tensión así creada puede compensar con exceso la energía de resonancia. Por lo tanto, no podemos esperar que el *ciclo*-butadieno tenga características aromáticas, y aún puede que sea demasiado inestable para existir.

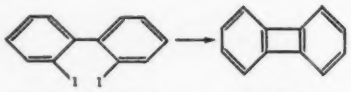
CICLO-BUTADIENO Y DIFENILENO

Los primeros ensayos de Willstätter [1] para preparar el *ciclo*-butadieno extrayendo ácido bromhídrico del 1:2-dibromo*ciclo*butano resultaron en la producción de acetileno, compuestos de cadena abierta y 1-bromo*ciclo*buteno-1. Un intento más ambicioso de Buchmann en 1942 [2] necesitó la completa metilación de 1:2-dimetilamino*ciclo*butano, pero sus productos derivábanse todos bien del *ciclo*-butano o del *ciclo*-buteno. Podemos concluir de dichos experimentos que no es probable que el *ciclo*-butadieno sea un compuesto estable de carácter aromático, lo cual concuerda con las consideraciones ya referidas.

Los únicos compuestos conocidos que pueden

considerarse como derivados del *ciclo*-butadieno son los difenilenos, de notable estabilidad (figura 3). El difenileno mismo fué preparado por Lothrop en 1941 [3] calentando una mezcla de 2:2′-diyododifenil y óxido cuproso, obteniéndose homólogos de manera semejante.

El difenileno cristaliza en agujas prismáticas de color amarillo pálido, fus. 110°, formando fácilmente un picrato escarlata. Sus propiedades químicas están poco investigadas debido a su inaccesibilidad, pero al reducirse catalíticamente en una solución alcohólica en presencia de níquel Raney, produce abundante difenil, indicando así una tensión considerable en el anillo cuadripartita. Los difenilenos son los únicos compuestos conocidos que poseen un anillo de cuatro miembros fundido a un núcleo aromático.



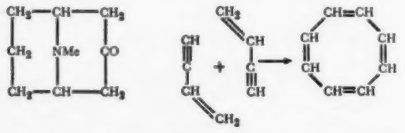
2:2′-Di-yododifenil *Difenileno*

FIGURA 3

CICLO-OCTATETRAENO Y DERIVADOS

El *ciclo*-octatetraeno fué preparado primeramente por Willstätter en 1911 [4] a base del alcaloide seudo-peletierina (figura 4), que contiene un anillo *ciclo*-octánico con un puente. En dicha preparación hubo que pasar por diversas fases, algunas bastante confusas, obteniéndose finalmente un producto amarillo, inestable, el hidrocarburo no saturado C_8H_8, que no fué aceptado por todos como el *ciclo*-octatetraeno. Sin embargo, se ha repetido recientemente esta síntesis partiendo de la seudo-peletierina [5] confirmándose en lo esencial el trabajo de Willstätter.

Síntesis notable fué la obtenida por Reppe [6] en el curso de una extensa investigación sobre las posibilidades sintéticas del acetileno. Reppe mostró que este producto puede manejarse con seguridad en grandes cantidades en aparatos especialmente construídos y bajo presiones de

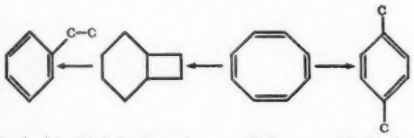


Seudo-peletierina *2-Vinilacetileno* → Ciclo-*octatetraeno*

FIGURA 4

hasta treinta atmósferas, hallando accidentalmente al intentar combinarlo con óxido etilénico que daba, bajo una presión de 10–20 atmósferas, en tetrahidrofurán y en presencia del cianuro de níquel, más del 70 por ciento de *ciclo*-octatetraeno. Resultado de ello fué que ahora se podía disponer de este hidrocarburo, que es idéntico al producto de Willstätter, en grandes cantidades, habiéndose realizado una detallada investigación de sus propiedades. Con respecto a la producción de *ciclo*-octatetraeno en vez del benceno es tentador sugerir que puede resultar de la dimerización del vinilacetileno en la superficie del catalizador; el orden lineal de tres de los átomos de carbono del vinilacetileno puede explicar la facilidad de formación del anillo octopartita (figura 4).

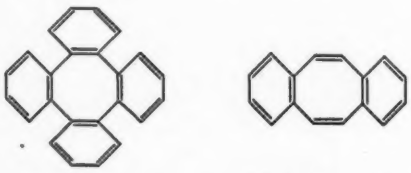
En propiedades químicas el *ciclo*-octatetraeno se comporta como una poliolefina insaturada, altamente reactiva, sin mostrar propiedades aromáticas y con baja energía de resonancia: 12 kilocalorías por molécula-gramo [7]. Dichas propiedades concuerdan con su conocida estructura no plana con enlaces alternos dobles y simples; la molécula posee con toda probabilidad forma de «baño», con sus agrupamientos olefínicos perteneciendo todos al tipo *cis* [8]. El *ciclo*-octatetraeno se reduce fácilmente a *ciclo*-octano o a *ciclo*-octeno; el segundo produce excelente cantidad de ácido subérico al ser oxidado. La inestabilidad del anillo del *ciclo*-octatetraeno se prueba por la facilidad con que se transforma en derivados bencénicos mediante la extrusión de dos átomos de carbono, dando derivados ya de etilbenceno o *p*-xileno. Ejemplo del primer tipo es su inmediata



Derivado del etilbenceno *Biciclo-(0:2:4)-octano* *Ciclo-octatretaeno* *Derivado de* p-*xileno*

FIGURA 5

conversión por sulfato de mercurio en fenilacetaldehido, y del segundo la formación de tereftalaldehido por tratamiento con hipoclorito alcalino. El



Tetrafenileno *Dibenceciclo-octatetraeno*

FIGURA 6

ciclo-octatetraeno se convierte también en derivados del bi*ciclo*-(0:2:4)-octano, por ejemplo mediante la acción del cloro o del cloruro de sulfurilo, y este tipo bicíclico puede hallarse involucrado en la formación de derivados del etilbenceno (figura 5).

Se han obtenido tetra- y tribence*ciclo*-octatetraenos [9]; los primeros tienen un anillo octopartita flexionado [10], que no contribuye a la absorción ultravioleta de la molécula y parece ser simplemente un agujero rodeado por los cuatro anillos bencénicos; y así, su segundo nombre ofrece una representación más exacta de su estructura: tetrafenileno. En el simétrico dibence*ciclo*-octatetraeno [11], el anillo de ocho miembros no muestra propiedades aromáticas y los dos grupos —CH: CH— ofrecen el acostumbrado carácter olefínico insaturado (figura 6).

Tipo interesante de molécula, de carácter parcialmente aromático, que ha atraído recientemente considerable atención es el que representa

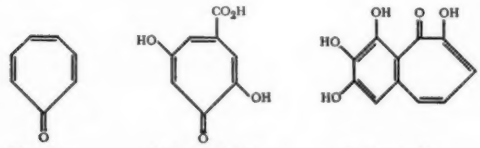


FIGURA 7

la substancia Tropilona (figura 7), que contiene tres enlaces dobles conjugados en un anillo heptapartita en relación con un enlace carbonilo doble fuera del anillo. Dicha estructura se da posiblemente en el ácido estipitático [12], la colchicina alcaloide [13], la purpurogalina, producto oxidativo del pirogalol [14], y otros compuestos naturales.

SISTEMAS BICICLICOS

Ciertos sistemas olefínicos conjugados bicíclicos que contienen anillos con un número impar de átomos de carbono forman otros tipos de compuestos potencialmente aromáticos. El más simple de ellos, el pentaleno, es desconocido, pero consistiría de dos anillos quintipartitas fundidos [15] (figura 8), y debiera cumplir las condiciones establecidas para la posesión de propiedades aromáticas. Son posibles dos estructuras idénticas semejantes a la de Kekulé; serían planas y no muy tensionadas, con estrecha semejanza con los fulvenos, que contienen un sistema conjugado de dos enlaces dobles cíclicos y uno exocíclico y que son, en lo que se les conoce, de débil carácter aromático. Sin embargo, parece improbable que los simples pentalenos posean un marcado carácter aromático ya que los esfuerzos para efectuar la deshidrogenización de 0:3:3-bi*ciclo*-octano (octahidropentaleno) no tuvieron éxito [16] en condiciones reactivas que causaron fácilmente la conversión de decaleno en naftaleno. Los únicos derivados del pentaleno hasta ahora descritos son unos dibenzopentalenos (figura 8, donde R = Cl o Ph) [17], y parece que en dichos compuestos el sistema pentaleno queda estabilizado por fusión con los anillos bencénicos, así como el anillo *ciclo*-butadiénico se estabiliza en difenileno. El benzopentaleno (*ciclo*-pentindeno) es isomérico con difenileno, pero aún no ha sido preparado [18].

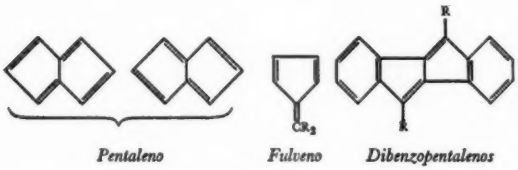


FIGURA 8

LOS AZULENOS

Estos interesantes hidrocarburos son muy análogos a los pentalenos y poseen anillos quinti- y heptapartitas (figura 9) [19]. Son posibles, como en los pentalenos, dos estructuras kekulélicas, y la molécula puede ser plana y no muy tensionada. El

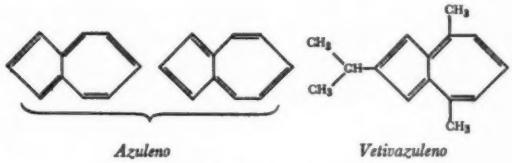


FIGURA 9

interés de los azulenos se centra en su intenso color, que es, por lo común, azul o violeta. Por ejemplo, una solución de 0,1% de azuleno mismo en un solvente hidrocarbúrico presenta un profundo tono azul puro, con lo que es fácil detectar las mínimas trazas del producto. Si los azulenos fuesen incoloros es dudoso que tuviesemos conocimiento de ellos. Se han aislado en ciertos aceites esenciales, y se han preparado por deshidrogenización a alta temperatura de derivados hidrogenados incoloros contenidos en los aceites, y también por deshidrogenización de compuestos sintéticos que contienen el esqueleto de azuleno reducido (derivados de 0:3:5-bi*ciclo*-decano).

El contenido de azulenos obtenido por las deshidrogenizaciones finales es muy pequeño, y dichos hidrocarburos son curiosidades químicas que pocas veces se han manejado en cantidades superiores a unos pocos milígramos. Por fortuna, su extracción de los compuestos tanto alifáticos como ordinarios es muy fácil, debido a ser solubles en 85% de ácido fosfórico, dando soluciones de las que se puede regenerar el azuleno diluyéndolas con agua [20]. Se conoce poco del comportamiento químico de los azulenos a causa de su inaccesibilidad, pero es evidente que poseen considerable estabilidad y que, como los hidrocarburos aromáticos policíclicos, forman complejos con reagentes tales como el ácido pícrico y 1:3:5-trinitrobenceno. La energía de resonancia del sistema azulénico es de 46 kilocalorías por molécula-gramo [21], comparada con 76 kilocalorías en el naftaleno, con el que es isomérico.

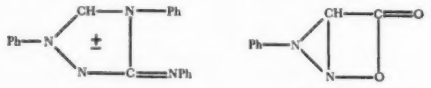
Se ha establecido la estructura de los azulenos por degradación controlada en derivados de *ciclo*-pentano y *ciclo*-heptano, y por síntesis. Los métodos empleados para formar el sistema azulénico de anillos han incluído la extensión del anillo bencénico en derivados del indano mediante uso del éster diazoacético y del método de Demjanov en el que se convierte una *ciclo*-hexilmetilamina en un derivado de *ciclo*-heptano por la acción del ácido nitroso. Se han empleado además otros métodos más comunes para formar el anillo heptapartita sobre el quintipartita, y viceversa. La más simple síntesis azulénica realizada ha sido la limitada producción por polimerización del acetileno (Reppe). Los azulenos naturales son simples derivados alquílicos del compuesto padre; así el vetivazuleno es el dimetil*iso*propil-azuleno de la figura 9.

COMPUESTOS CICLICOS MESO-IONICOS

El reagente nitrón (figura 10; *Vid. infra* el significado del símbolo ±) fué probablemente el primero atribuído a un tipo de compuestos conjugados parcialmente aromáticos [22], al que desde entonces se le ha aplicado el nombre de meso-iónico. Sus características generales se han estudiado en relación con la estructura de las sidnonas, una clase de compuestos preparados por Earl y sus colaboradores en la Universidad de Sydney [23]. Se halló que las N-nitroso-N-arilglicinas

$$Ar.N(NO).CH_2.CO_2H,$$

daban compuestos anhídricos estables, cristalinos y monomoleculares, por pérdida de una molécula de agua al tratarse con anhídrido acético, y que dichas sidnonas eran solubles en solventes orgánicos y otros. La hidrólisis con bases calientes regeneró las N-nitroso-N-arilglicinas, pero al hervirlas en un ácido se descompusieron en anhídrido carbónico, ácido fórmico y una arilhidrazina. La sidnona derivada del ácido N-nitroso-α-anilinopropiónico era semejante, pero daba ácido acético, anhídrido carbónico y fenilhidracina al hidrolizarse. Se sugirió provisionalmente una estructura bicíclica (figura 10) para las sidnonas, pero, aparte de las

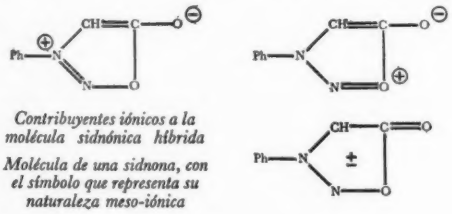


Nitrón — *N-fenilsidnona (estructura bicíclica)*

FIGURA 10

objeciones generales, dicha formulación no encajaba con ciertos hechos [24]. Los más importantes son: que las sidnonas no se comportan como β-lactonas; que no pueden prepararse sidnonas ópticamente activas [25], indicando así que el grupo CH o CR no es asimétrico; que el anillo bencénico en N-fenilsidnona es químicamente inerte y se comporta por lo tanto como si estuviese unido a un átomo de nitrógeno con carga positiva, y no a uno neutral; y finalmente que los momentos dipolares de las sidnonas son elevados, por ejemplo: 6,6 unidades de Debye en el caso de N-fenilsidnona.

No es posible hallar una fórmula enteramente covalente que represente con toda satisfacción la estructura de las sidnonas, y sus propiedades físicas excluyen la posibilidad de que se trate de zwitteriones: iones de carga positiva y negativa simultánea. Se ha postulado otra estructura en la que los electrones del enlace de puente se distribuyen entre los átomos del anillo sidnónico, dando lugar a una estructura simple que no puede representarse adecuadamente en una fórmula que emplee los símbolos convencionales. La molécula es, de hecho, un híbrido de resonancia, lo mismo que el benceno es esencialmente un híbrido de resonancia de ambas estructuras kekulélicas, pero



Contribuyentes iónicos a la molécula sidnónica híbrida

Molécula de una sidnona, con el símbolo que representa su naturaleza meso-iónica

FIGURA 11

en este caso es un híbrido de un gran número de formas que contribuyen, y que son todas de carácter dipolar o tetrapolar. Dos de dichas formas, quizás las más importantes, aparecen en la figura 11, en la que el símbolo $\pm$ significa la naturaleza de la molécula. El nombre meso-iónico quiere indicar que se trata de una estructura intermedia de cierto número de formas iónicas. La medida del momento dipolar de varias sidnonas ha revelado [26] que el átomo de nitrógeno unido al grupo fenil lleva una gran carga positiva fraccionada, y que el sector negativo del dipolo apunta hacia el átomo de oxígeno del grupo carbonilo.

Los compuestos meso-iónicos, tales como las sidnonas, pertenecen a un raro tipo molecular que no puede representarse exactamente, ni, siquiera aproximadamente, mediante una estructura covalente simple, ni como en el caso del benceno, como un híbrido de algunas formas covalentes, ni, como en el caso de las aminas, como un híbrido de una forma covalente y una iónica, $-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-NH-$ y $-\overset{\overset{\displaystyle O^-}{|}}{C}=\overset{+}{N}H-$. La más próxima analogía la ofrecen los diazocompuestos alifáticos, que son híbridos de dos formas zwitteriónicas $>C=N^+=N^-$ y $>C^-—N^+\equiv N$, y las sales orgánicas del hidrazoico que son igualmente híbridos de las formas $R—N=N^+=N^-$ y $R—N^-—N^+\equiv N$. Los compuestos meso-iónicos cíclicos se estabilizan por resonancia y pueden, por consiguiente, considerarse de carácter parcialmente aromático, debiendo señalarse que en el caso de las sidnonas, por ejemplo, muchas de las formas iónicas contribuyentes se encuentran muy estrechamente relacionadas con compuestos parcialmente aromáticos de anillos quintipartitas, tales como el furán, pirrol y oxazol. Dicho carácter aromático se refleja en las propiedades generales de las sidnonas, en su resistencia a la reducción catalítica, y en el hecho de que las que poseen un grupo CH libre muestran substitución como si tal grupo fuese parte de un anillo bencénico. El grupo arilo unido al anillo heterocíclico no es característica esencial de la molécula de sidnona, ya que tanto la N-bencilsidnona como la N-*ciclo*-hexilsidnona son ejemplos típicos de dicha clase.

Hay otros tipos de compuestos cíclicos meso-iónicos en la literatura química, pero por lo general se les ha formulado como si tuviesen anillos quintipartitas en puente, o «endo», la mayoría de los cuales son imposibles estereoquímicamente [24].

BIBLIOGRAFIA

Artículos generales: BAKER. *J. Chem. Soc.*, 258, 1945; *Royal Coll. of Sci. J.*, **18**, 54, 1948.

[1] WILLSTÄTTER y VON SCHMAEDEL. *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, **38**, 1992, 1905.
[2] BUCHMANN. *J. Amer. Chem. Soc.*, **64**, 2701, 1942.
[3] LOTHROP. *Ibid.*, **63**, 1187, 1941.
[4] WILLSTÄTTER y WASER. *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, **44**, 3423, 1911; WILLSTÄTTER y HEIDELBERGER. *Ibid.*, **46**, 517, 1913.
[5] COPE y OVERBERGER. *J. Amer. Chem. Soc.*, **70**, 1433, 1948.
[6] REPPE. «British Intelligence Objectives Sub-Committee, Final Report», **137**, Item 22.
[7] PROSEN, JOHNSON, y ROSSINI. *J. Amer. Chem. Soc.*, **69**, 2068, 1947.
[8] KAUFMANN, FANKUCHEN, y MARK. *Nature*, **161**, 165, 1948.
[9] RAPSON, SHUTTLEWORTH, y NIEKERK. *J. Chem. Soc.*, 326, 1943; SHUTTLEWORTH, RAPSON, y STEWART. *Ibid.*, 71, 1944.
[10] KARLE y BROCKWAY. *J. Amer. Chem. Soc.*, **66**, 1974, 1944.
[11] FIESER y PECHET. *Ibid.*, **68**, 2577, 1946.
[12] DEWAR. *Nature*, **155**, 50, 1945.
[13] *Idem. Ibid.*, **155**, 141, 1945.
[14] BARLTROP y NICHOLSON. *J. Chem. Soc.*, 116, 1948; HAWORTH, MOORE, y PAUSON. *Ibid.*, 1045, 1948.
[15] ARMIT y ROBINSON. *Ibid.*, **121**, 828, 1922.
[16] BARRETT y LINSTEAD. *Ibid.*, 612, 1936.
[17] BRAND *et al.* *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, **45**, 3071, 1912; **53**, 809, 815, 1920; **55**, 601, 1922; **69**, 2504, 1936. WAWZONEK. *J. Amer. Chem. Soc.*, **62**, 745, 1940.
[18] BAKER y LEEDS. *J. Chem. Soc.*, 974, 1948.
[19] ST. PFAU y PLATTNER. Numerosos trabajos en *Helv. Chim. Acta*, desde 1936. Revistas por HAWORTH. *Chem. Soc. Annual Reports*, **34**, 393, 1937; HARPER. *Ibid.*, **44**, 162, 1947; ARNOLD. *Die Chemie*, **56**, 7, 1943.
[20] SHERNDAL. *J. Amer. Chem. Soc.*, **37**, 167, 1537, 1915.
[21] HEILBRONNER y WIELAND. *Helv. Chim. Acta*, **30**, 953, 1947.
[22] SCHONBERG. *J. Chem. Soc.*, 824, 1938.
[23] EARL y MACKNEY. *Ibid.*, 899, 1935; EADE y EARL. *Ibid.*, 591, 1946.
[24] BAKER y OLLIS. *Nature*, **158**, 703, 1946; BAKER, OLLIS, y POOLE. *J. Chem. Soc.*, 307, 1949.
[25] KENNER y MACKAY. *Nature*, **158**, 909, 1946; EARL. *Ibid.*, **158**, 909, 1946.
[26] BAKER, OLLIS, POOLE, BARLTROP, HILL, y SUTTON. *Ibid.*, **160**, 366, 1947; EARL, LEAKE, y LE FÈVRE. *Ibid.*, **160**, 366, 1947; *Idem. J. Chem. Soc.*, 2269, 1948; HILL y SUTTON. *Ibid.*, 746, 1949.

El futuro de la piedra inglesa de construcción

W. J. ARKELL

Una de las características de la arquitectura británica que más impresiona al visitante extranjero es la dignidad de las antiguas iglesias, colegios, residencias y casas de campo construídas de piedra. Los métodos modernos de construcción, con ladrillos y bloques de hormigón fabricados en serie, amenazan extinguir la construcción de piedra, la cual durante siglos ha constituído una de las actividades más notables de la Gran Bretaña. El Dr. Arkell describe aquí cómo la investigación científica puede contribuir a su perpetuación.

El 17 de Enero de 1949 el Ministro de Sanidad británico se comprometió a cooperar en la forma que fuera posible para revivificar la construcción de mampostería, la cual reconoció era una de las actividades inglesas más antiguas e importantes.[1]

Muchas personas en posiciones de menor influencia han venido diciendo lo mismo desde hace años, pero todavía el coste de la construcción de piedra sigue aumentando, así como el éxodo de los mamposteros hacia ocupaciones más remunerativas. En Oxford y en Cambridge, donde deben llevarse a cabo trabajos atrasados desde la última guerra para la reparación de la fábrica de mampostería y algunos edificios nuevos, los Colegios han de procurar hacer frente a un coste tres veces mayor al que hubiera costado igual trabajo antes de la guerra.

Sin embargo, a pesar de la declaración ministerial antes citada, el informe publicado por el Real Instituto de Arquitectos Británicos el 1° de Junio de 1949, indica que la verdadera causa de este problema radica en la política del Gobierno, «quien, hasta ahora, se ha concentrado en economizar en el coste de la construcción de viviendas, durante un período en que la construcción disfruta de prioridad gubernamental y cuando casi todo otro tipo de construcción está por ende refrenada. Una verdadera economía, continúa el informe, bien podría dictar un uso más amplio de la piedra en la construcción de viviendas con ayuda estatal. ... Los arquitectos no tienen ninguna intención de abandonar el empleo de la piedra como material de construcción y afirman su confianza sobre el porvenir del oficio de cantero.»

Existen ciertos peligros inherentes a una repentina expansión de la construcción de piedra. Las piedras francas duraderas son muy poco corrientes, ni fáciles de localizar e identificar, incluso en las áreas de canteras, y se requiere una larga experiencia para evitar posibles desastres. Las catedrales e iglesias medievales que han sobrevivido tantos siglos, están construídas de piedras que debieron de estar sometidas a una rigurosa selección llevada a cabo por canteros y picapedreros de gran experiencia. Los riesgos que se incurren en caso de abandonar este método, se han evidenciado en muchos Colegios e iglesias de Oxford construídos durante el siglo XVII y XVIII con piedra local de Headington. Al cabo de un siglo se habían desmoronado, y las reparaciones costaron cientos de miles de libras esterlinas. Se cometió un error semejante durante la última parte del siglo pasado, cuando muchos edificios nuevos fueron construídos con otra piedra local de Milton cerca de Burford. Sin embargo, las canteras de Milton están cerca de las famosas canteras de Taynton, las cuales han producido piedra de gran renombre durante muchos siglos, y mucha de la cual está aún en pié en Oxford en estructuras con 500 a 600 años de existencia. Lo mismo ocurrió con la piedra de Doulting en Somerset. Los canteros medievales sabían seleccionar la piedra de Doulting — por ejemplo para la fachada occidental de la catedral de Wells — que había de durar de 600 a 700 años; pero mucha de la piedra de Doulting provinente de canteras adyacentes y enviada a Oxford entre 1870 y 1900 está ya muy erosionada y pronto tendrá que ser substituída.

La primera lección que esto nos enseña es que las piedras de labra varían tanto en su resistencia a la acción del tiempo que, a pesar de poseer una misma edad geológica y características externas, no es aconsejable construir con piedra elegida al azar aunque provenga de un lecho de renombre, ni incluso de canteras lindantes con otra de buena fama; solamente el lecho inicial de la cantera

[1] *The Times*, 18 de Enero de 1949.

FIGURA 1 – *Torre sajona en Brixworth, Northants, probablemente construída antes del año 700. Esta torre, virtualmente eterna, está construída con duros cantos rodados seleccionados del alud glacial local, mezclados con losas de piedra granosa pero sin labrar. Excepto por el derribo y reconstrucción del pináculo superior, la torre no ha sufrido reparaciones importantes. Es un propio museo petrológico de tipos de rocas, en su mayoría acarreadas por el hielo desde Charnwood Forest.*

FIGURA 2 – *Torre sajona, Earls Barton, Northants, construída con mampuestos irregulares y recubiertos con piedra dura granosa de Barnack, traída unos 65 kilómetros aguas arriba por el Río Nene, de las canteras cerca de Stamford. Es un ejemplo de construcción casi indestructible que ha permanecido en pié por mil años y construída sin piedra franca.*

Las hiladas de las pilastras constituyen llaves estructurales que refuerzan las paredes de mampostería irregular. Parte del ornamento es imitación de la construcción de madera.

FIGURA 3 – *Viviendas municipales, construídas con piedra local en Langton Matravers, Isla de Purbeck.*
(*Con autorización del redactor de* Mercury)

FIGURA 4 – *Algunas de las canteras de piedra de Portland a vista de pájaro.* (*Reproducción con permiso del Dr. J. K. St. Joseph*)

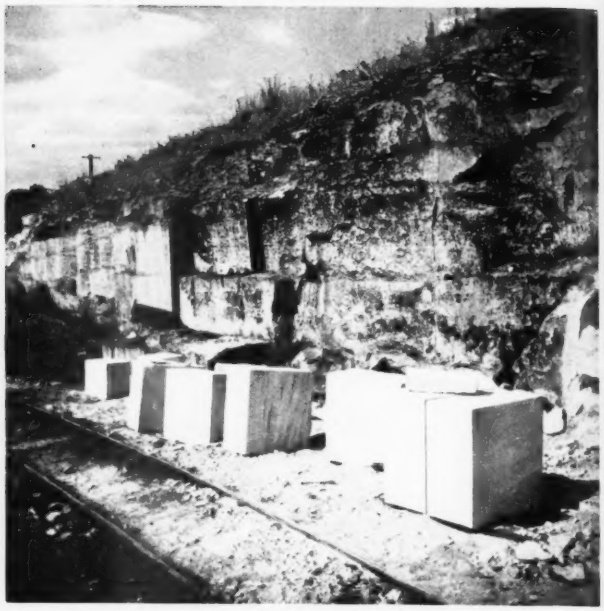


FIGURA 5 – (a) *Canteras de piedra franca de Weldon, Northants, mostrando las herramientas, y* (b) *una fotografía reciente de las canteras de Weldon mostrando bloques de piedra franca aserrados. La cantera está adjunta a la nueva ciudad de obreros metalúrgicos de Corby. Proporcionó piedras parecidas a éstas para la Capilla del King's College, Cambridge, desde* 1508 *hasta* 1515, *así como para los Colegios de Clare, Corpus y Trinity.*

FIGURA 6 – *Nuevo revestimiento del Trinity College, Cambridge, Junio* 1949. *Al derribar el estuco agrietado aparecieron las paredes originales* (1604) *de mampostería irregular formada principalmente de piedra caliza de Cornbrash, cerca de Peterborough. Se está revistiendo la pared con piedra franca de Ketton.*

original, descubierto por los antiguos artesanos y comprobado por el tiempo es de suficiente confianza. Incluso dentro de una misma cantera existen variaciones importantes en el carácter de la piedra: color, estructura, dureza y — el más sutil pero el más importante — su durabilidad. En vista de esto es una insensatez rellenar de escombros las antiguas canteras, tal como muchos municipios han ido haciendo en casi toda la Gran Bretaña, sacrificando así un valioso capital para solventar el problema de los vertederos de basura.[1]

Otro peligro, que tiene una profunda influencia sobre el efecto estético, que es uno de los fines principales de la construcción de piedra, es el empleo indiscriminado de piedras de distintas procedencias, considerando solamente su acreditada durabilidad. Este peligro es tanto mayor en la actualidad cuando el coste de transporte es una fracción relativamente pequeña del coste total de la construcción. La ventaja de la proximidad a la fuente de suministro ha pasado a ser despreciable, debido al transporte por camión. De esta manera, es fácil cometer graves errores sin ventaja económica alguna, y es esencial que las autoridades locales tengan en consideración un conocimiento geológico combinado con una base estética, tanto para sus propios proyectos como para la aprobación de planos para casas particulares.

Por lo tanto, la parte obvia y esencial que puede tener la ciencia consiste en proporcionar los medios para determinar la durabilidad de las piedras de construcción, sustituyendo el abandonado arte del antiguo artesano con su intuición natural y prolongada experiencia. Este problema ha sido estudiado con éxito considerable en la Estación de Investigación para la Construcción, en Watford, cerca de Londres. Problema que parece ser elemental pero que está lejos de ser sencillo: cada clase de piedra ofrece diferentes combinaciones de caracteres que pueden causar fracasos distintos a consecuencia de las varias acciones de la atmósfera — a veces predominantemente químicas, otras veces mecánicas, pero con frecuencia una combinación de ambas. No existe ninguna regla fija para todas las piedras. Cada tipo debe estudiarse individualmente.

Para la piedra de Portland y algunas oolitas semejantes la prueba más segura es la de cristalización. Las muestras, de dimensiones fijas, se empapan en una solución de 14% de sulfato sódico y se secan en un horno bajo un riguroso control. La fuerza de cristalización rompe las piedras más débiles pero no las más resistentes. Parecidos efectos se producen cuando el agua de lluvia se hiela entre los estratos de ciertas piedras. Podría creerse, por lo tanto, que el grado de simple porosidad habría de servir de medida de la durabilidad, pero no es así. Por ejemplo, la piedra de Ketton, una oolita casi perfecta, es una de las piedras oolíticas de mayor durabilidad y al mismo tiempo es la más porosa. Si se vierte un cubo de agua sobre un bloque labrado el agua queda completamente absorbida, sin sobrar ninguna.

Parece ser la razón que hay dos clases de porosidad; la macroporosidad, debida a espacios entre los granos de oolita y la microporosidad debida a diminutas cavidades de los granos. El grado de macroporosidad parece no tener relación alguna con la durabilidad, pero la microporosidad es muy importante. Por medio de mediciones muy delicadas (según un método capilar modificado) se ha comprobado en la Estación de Investigación para la Construcción, que piedras de una durabilidad comprobada tienen una microporosidad mínima y viceversa; resultados que concuerdan con los obtenidos por medio de la prueba de cristalización. Por lo tanto, en el futuro será posible determinar por medio de toma de muestras a intervalos adecuados, ligeros cambios en las piedras de labra a medida que prosigue la explotación de la cantera, pudiendo eliminarse así cualquier material defectuoso.

Al mencionar edificios de piedra muchos son los que solamente piensan en la sillería. En realidad la obra de sillería, que requiere piedra de labra de alta calidad, es solamente la forma más noble de mampostería y no es fácil que se generalice. La mayor parte de los edificios de piedra de la Gran Bretaña — casas de campo, granjas, viviendas y cobertizos — son de mampostería en hiladas o de mampostería común irregular, con piedras arrancadas de pequeñas canteras de la misma localidad. Estas piedras están distribuídas mucho más generalmente que la piedra de labra, son de arranque y labrado más fácil y no están sujetas a laminación o deterioro. Son, además, la única clase de piedra adecuada para la mayoría de edificios fuera de las grandes ciudades. Por lo tanto, el futuro de la construcción de piedra en Inglaterra descansa en la piedra ordinaria de construcción y en la mampostería de hiladas.

[1] Gracias a las peticiones a través del Congreso Internacional de Geología en 1948, algunas canteras han sido salvadas, y ninguna autoridad puede alegar ignorancia o falta de conocimiento en sus decisiones. No obstante, es todavía necesaria una vigilancia constante por parte del público.

En el oeste, desde Cornwall hasta Northumberland y en todo el País de Gales, no existe la piedra de labra, no obstante que estos distritos son eminentemente roquíferos. La piedra de construcción era arrancada de un número de pequeñas canteras donde fuera posible hallar piedra dura. Lo mismo puede decirse del Cotswold y del resto de la franja oolítica y de otros muchos distritos roquíferos que hacen tan justamente famoso el panorama inglés: por ejemplo, las ciudades y pueblos del norte de Oxfordshire y partes de Northamptonshire construídas con mineral de hierro; las aldeas e iglesias de piedra a lo largo de Lower Greensand florecen en Bedfordshire, Cambridgeshire y Norfolk; las famosas aldeas de Purbeck de piedra gris, con Old Swanage; los pueblos de piedra granulosa rojo coral de North Wiltshire y White Horse Vale, extendiéndose desde Calne por Wootton Bassett, Highworth, y Faringdon hasta Wytham, Old Headington y Wheatley. Estos son la verdadera médula y real expresión de la herencia de la Inglaterra rural, para cuya continuación como organismo vivo y creciente, y no una pieza caduca de museo, no debería ahorrarse esfuerzo alguno.

Durante los treinta últimos años, en algunos distritos de que el autor posee conocimiento directo, las autoridades locales han declarado inseguras y ordenado el derribo de ciertas casas antiguas con paredes de piedra o con cubiertas de pizarra o bardadas, incluso cuando los arquitectos han declarado que podían ser rehabilitadas y alteradas para convertirlas en viviendas seguras e higiénicas. Las pequeñas canteras locales, de las cuales se extraen las indestructibles y bellas piedras cayeron primeramente en desuso a causa de la competencia de los ladrillos y bloques de hormigón y han sido luego sistemáticamente rellenadas con escombros por las autoridades municipales. Los constructores, para fines lucrativos, después de la primera guerra mundial, y ciertas municipalidades después de la última guerra, con loables excepciones (figura 3) han construído en medio de la vulnerable e infinita variedad de la campiña inglesa, grupos o franjas de casas nuevas con una incongruencia bárbara y fría uniformidad tanto en su diseño como en los materiales empleados.

Todavía no es demasiado tarde para poder salvar mucho de lo estimable y reorientar las actividades de la construcción según líneas menos negativas, no subordinadas tan enteramente a conveniencias temporales. La industria de la piedra no está muerta y puede aún revivificarse. La destreza y el orgullo de los mamposteros y la experiencia y conocimientos de los canteros, heredados a través de incontables generaciones, están desapareciendo, pero pueden aún salvarse y progresar. A pocos kilómetros de las ya agotadas canteras de Barnack, de las cuales extrajeron los romanos sus mojones y ataúdes y de donde los sajones y normandos sacaron las grandes piedras para innumerables iglesias que aún siguen en pié (figura 2) los canteros de Weldon siguen aún labrando la magnífica piedra de color pajizo claro (figura 5). En la parroquia vecina de Corby se ha planeado establecer una nueva ciudad para 40 000 obreros de la industria del acero. ¿ Qué proporción de estas casas edificadas con subvención estatal estará construída con la piedra local que yace tan abundante en la vecindad ? Allí hay una oportunidad para establecer un centro de instrucción con ayuda gubernamental para mamposteros y canteros que podrían aprender mientras trabajan. ¿ Coincidirá, en cambio, la apertura de esta nueva ciudad del distrito cantero de la campiña de Northamptonshire con el cierre final de sus canteras ?

Hasta ahora los indicios son de que quízá sea así. Incluso las nuevas viviendas municipales de Clipsham, para el alojamiento de los obreros que trabajan en las canteras de Clipsham, deben ser construídas de ladrillo ya que el Ministerio de Sanidad no autoriza más que un extra coste de 133 libras esterlinas por vivienda. Desgraciadamente, aunque el propietario de las canteras de Clipsham ofreció gratis la piedra para las paredes, el coste adicional sube a 300 libras esterlinas por vivienda.[1] Esto se debe principalmente a la mano de obra extra requerida para desbastar y labrar someramente la piedra, y además para cierta cantidad de piedra de labra para las molduras, y al coste de los cimientos más resistentes y paredes más gruesas.

Hechos como este constituyen un reto al que se debiera hacer frente oficialmente con una intensa investigación sobre los métodos para reducir el coste de la construcción de piedra. Por ejemplo, el empleo del aire comprimido ha revolucionado la labra de la piedra franca en las canteras de Clipsham; también es posible desarrollar los medios mecánicos para el desbaste de los mampostes irregulares. Si las palabras del Ministro de Sanidad, con las cuales hemos dado comienzo a este artículo, son algo más que meras palabras, estas urgentes cuestiones no pueden continuar sin ser propiamente atendidas.

[1] *Manchester Guardian*, 8 de Octubre, 1949.

La astronomía en el Africa del Sud

DAVID S. EVANS

El Africa del Sud ha sido llamada el paraíso de los astrónomos y ciertamente posee más observatorios activos con relación a su población que ninguna otra región del mundo. Las circunstancias han hecho de ella el centro astronómico del hemisferio austral, y hay razones para creer en el desarrollo de una escuela astronómica característica Sudafricana cuyos descubrimientos puedan equipararse a los de los investigadores septentrionales predecesores suyos.

Entre los primeros astrónomos de Africa el más notable fué el Abate La Caille llegado en 1751 y que en poco menos de un año completó una cantidad notable de observaciones, incluyendo la base para un catálogo de 10 000 estrellas australes y realizando observaciones encaminadas a fijar las paralajes solar y lunar. Con esto se adelantó a trabajos muy posteriores, y, además, con la medición de un corto arco de meridiano terrestre inició una línea de investigación que, más tarde, tuvo un considerable desarrollo.

En aquellos tiempos el Cabo estaba en manos de los holandeses, pero en 1814, por cesión y por compra fué adquirido por la Gran Bretaña. En 1820 el Almirantazgo decidió que sería ventajoso establecer un observatorio permanente en el Cabo para ayuda de la navegación, para poder dar la hora a los barcos y para la observación de las estrellas del sud invisibles desde Europa. Como resultado, el Reverendo Fearon Fallows fué el primero de los distinguidos Astrónomos de Su Majestad en el Cabo. Allí estableció su observatorio — cuyos edificios se completaron cinco años más tarde — en un lugar al nordeste del Monte Table, desde el cual se podían transmitir con facilidad señales a los barcos en la Bahía de Table. Los primeros años fueron difíciles; el terreno circundante era de arena y barro y existen vívidas historias de los hipopótamos del río vecino y del tigre del Cabo (leopardo) que se encontró dormido sobre las cubiertas del tejado del observatorio. Fallows, sin embargo, fué el digno fundador de un linaje de distinguidos investigadores.

En 1832 le sucedió Henderson que, en el corto espacio de un año en el Cabo, antes de su renuncia por razones de salud, se hizo memorable por sus observaciones, que proporcionaron la primera medición de la distancia de la estrella *Alpha Centauri*. Thomas Maclear, que sucedió a Henderson en 1833, estableció el observatorio sobre una base firme durante los 37 años de su larga posesión del cargo. No sólo realizó importantes contribuciones a la astronomía del hemisferio austral, sino que su cuidadosa comprobación y extensión del arco de meridiano de La Caille fué de gran valor para la geodesia. Durante el tiempo que Maclear ocupó el cargo, Sir John Herschel realizó su bien conocida expedición al Cabo en 1834–8; en Feldhausen, cerca de la Ciudad del Cabo, montó el reflector de su padre, de 6 metros, para poder observar sistemáticamente el cielo austral al igual que su padre había llevado a cabo con el septentrional. En el curso de dichas observaciones se descubrieron más de 1200 estrellas dobles y unas 1500 nebulosas; se determinaron las magnitudes de las estrellas de mayor brillo y se completaron otras muchas observaciones de especial interés.

El sucesor de Fallows más notable fué, sin duda, Sir David Gill, quien había sido discípulo de Clerk Maxwell en Escocia y que después de un período como astrónomo aficionado abandonó sus florecientes negocios particulares para pasar a ser astrónomo privado del Marqués de Crawford (Lord Lindsay). En capacidad de tal se trasladó a Mauricio para poder observar el tránsito de Venus, cuyos resultados esperaba que rendirían datos valiosos sobre la paralaje solar. Durante la misma expedición también hizo observaciones que, en conexión con las de Aden y Durban, habían de fijar la longitud del Cabo.

Durante el tiempo que Gill estuvo en el Observatorio Real del Cabo, desde 1879 hasta 1907, se llevaron a cabo prodigiosos trabajos. Gill no solamente continuó el vasto trabajo de catalogación de las estrellas meridionales sino que revolucionó la astronomía con la introducción del empleo de la fotografía para la determinación de las posiciones de las estrellas. Esto se inició con la fotografía del cometa de 1882, llevada a cabo con la ayuda de un fotógrafo profesional de la localidad, y condujo, primeramente, al *Durchmusterung* del

Cabo, un catálogo en el cual están determinadas las posiciones de no menos de medio millón de estrellas, cuyas reducciones fueron llevadas a cabo con la ayuda del renombrado astrónomo holandés Kapteyn. La segunda consecuencia fué la idea de ejecutar un mapa estelar de todo el firmamento valiéndose de la fotografía, lo que cristalizó más tarde en el proyecto de la *Carte du Ciel*, según el cual el firmamento completo había de ser estudiado por observatorios esparcidos por todo el mundo según un trabajo concertado y empleando instrumentos uniformes. Al interés de Kapteyn por este trabajo debe atribuirse el descubrimiento de las corrientes de estrellas — los movimientos preferenciales en el espacio de las estrellas cercanas al sol — anunciado por él en la reunión de la British Association en Africa del Sur en 1905.

Si esto no fuera bastante, Gill realizó también observaciones para la determinación de la paralaje solar y de la masa de la Luna mediante el heliómetro, de cuya aplicación era un adepto. Dicho instrumento posee un objetivo dividido, cuyo movimiento relativo de ambas mitades tiene por objeto lograr la coincidencia de las imágenes de dos objetos cuya separación angular se trata de determinar. Gill empleó también el heliómetro para la determinación de las distancias de un cierto número de estrellas del sur con una exactitud no igualada hasta el desarrollo de los métodos fotográficos, los cuales como requieren mucho menos tiempo en el telescopio y menor trabajo de computación para derivar los resultados, han descartado el heliómetro.

Por último se debe a Gill la concepción del proyecto para el estudio de un arco de meridiano que se extendiese sobre todo el continente africano y más allá aún, que pudiera servir para establecer la configuración de la tierra. Este proyecto no está todavía completado, pero es sorprendente constatar el trabajo realizado por Gill durante su vida, especialmente en vista de la naturaleza desolada del terreno atravesado — en partes del cual era imposible trabajar excepto cuando estaban en sazón las sandías que contenían el único agua que allí podía obtenerse.

Es oportuno revisar detenidamente los trabajos de Gill no sólo por su influencia sobre la historia científica de Sudáfrica sino también porque bajo su dirección el Real Observatorio tuvo un considerable desarrollo. Fué en aquel entonces cuando Frank McClean regaló el refractor Victoria de 60 cm, hoy todavía en uso, y también durante el ejercicio de su cargo parte del trabajo sobre mapas fotográficos del firmamento austral fué realizado en la Ciudad del Cabo por Franklin-Adams. La tradición iniciada por Gill aún vive. El Real Observatorio está dedicado todavía a la astronomía fundamental del hemisferio del Sur: la medición de posiciones y paralajes, y más recientemente de las magnitudes de las estrellas. La determinación de la paralaje solar por medio de las observaciones de Eros en 1931, en cuyos resultados representaron un importante papel las observaciones del Cabo, se llevó a cabo como un proyecto internacional bajo la dirección de Sir Harold Spencer Jones, actualmente Astrónomo Real pero entonces Astrónomo de Su Majestad en el Cabo, y que continúa tan gloriosa tradición. El actual Astrónomo de Su Majestad, el Dr. J. Jackson, ha tenido la difícil tarea de guiar el observatorio durante los años de la guerra, pero incluso con un reducido personal y otras dificultades, prosiguió y aun se extendió su trabajo, especialmente en el campo de la fotometría estelar.

Durante la dirección de Gill solicitó empleo en el Observatorio T. A. Innes, astrónomo aficionado australiano, quien, abandonando su casa de comercio en Sidney, pasó en un principio a ocupar en el Cabo el puesto relativamente modesto de bibliotecario y secretario. Sin embargo, Innes demostró ser un notable observador de estrellas dobles y hoy se le recuerda como autor de trabajos clásicos en esta materia. En 1903 el régimen administrativo establecido en el Transvaal después de la guerra anglo-boer, instaló un observatorio meteorológico en Joanesburgo del cual fué nombrado director Innes. Al principio dicha institución sólo poseía un telescopio de 23 cm, pero más tarde, después de la formación de la Unión Sudafricana en 1910, pasó a ser el Observatorio de la Unión, adquiriendo después de la primera guerra mundial un refractor de 67 cm de apertura. El Observatorio es bien conocido por sus trabajos sobre estrellas dobles, planetas menores y cometas y fué allí donde se establecieron las cámaras de Franklin-Adams bajo la dirección del sucesor de Innes, H. E. Wood, para completar la tarea de fotografiar el firmamento austral. El actual Astrónomo de la Unión, Dr. van den Bos, es también famoso observador de estrellas dobles y el Observatorio ha seguido especializándose en los trabajos ya mencionados, así como también suministrando un servicio horario y contribuyendo a investigaciones sismológicas.

El Observatorio del Cabo fué inicialmente establecido para el adelanto de la astronomía práctica y de la navegación; el Observatorio de la Unión fué establecido para proporcionar servicios científicos

FIGURA 1 – *Bóveda del telescopio de 66 cm del Observatorio de la Unión, Joanesburgo. (Por cortesía del Astrónomo de la Unión.)*

FIGURA 2 – *Torre del reflector Rockefeller de 152 cm en el Observatorio Harvard, Bloemfontein. (Por cortesía del Dr. J. S. Paraskevopoulos.)*

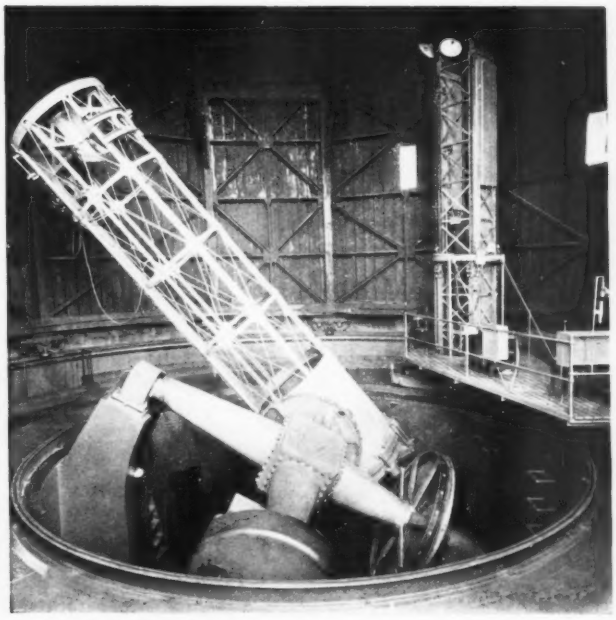


FIGURA 3 – *Reflector Rockefeller de 152 cm en el Observatorio Harvard, Bloemfontein. (Por cortesía del Dr. J. S. Paraskevopoulos.)*

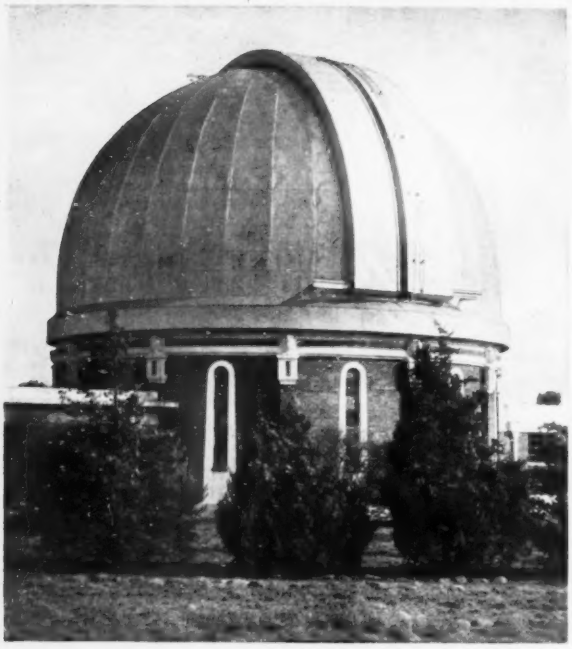


FIGURA 4 – *Cúpula del Observatorio Lamont-Hussey, Bloemfontein que aloja el refractor de 69 cm.*

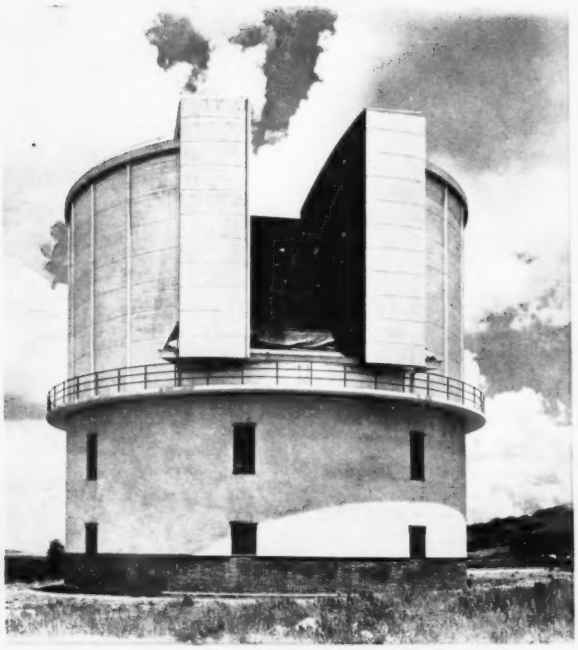


FIGURA 5 – *Torre del Observatorio Radcliffe, Pretoria. (Por cortesía del Director.)*

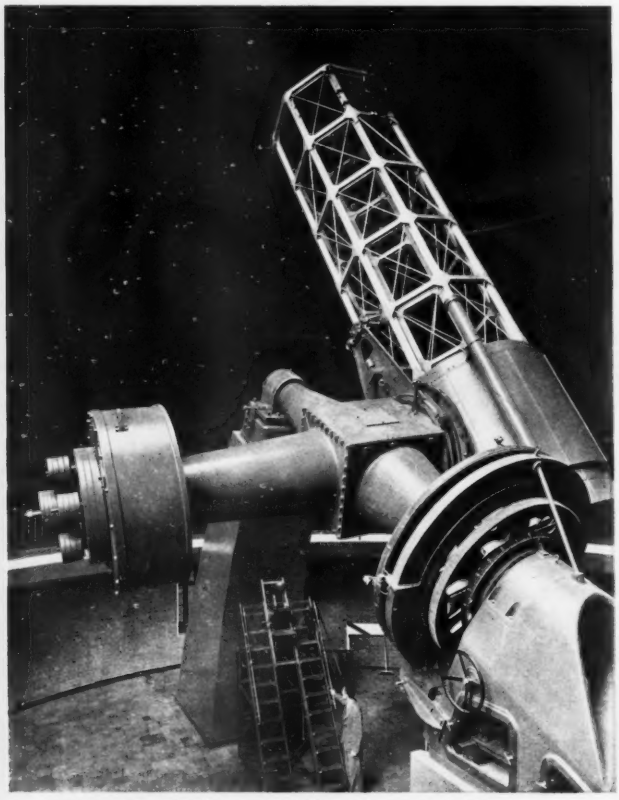


FIGURA 6 – *Reflector Radcliffe. (Por cortesía del Director.)*

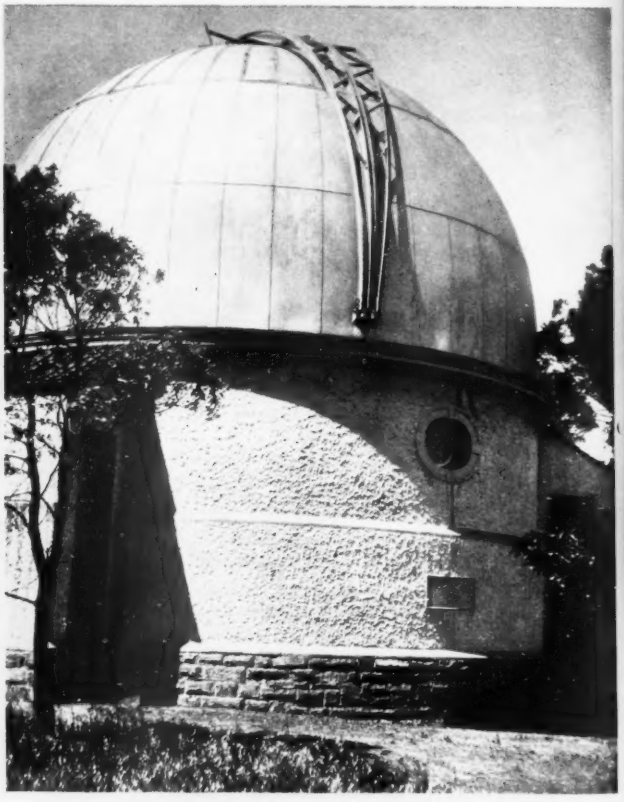


FIGURA 7 – *Cúpula del telescopio Victoria, del Real Observatorio de la Ciudad del Cabo.*

y un centro de investigación de un nuevo Estado y para un área industrial de rápido desarrollo, con la cual ha progresado paralelamente. Pero el interior del Africa del Sud, de cuyo territorio son típica representación los alrededores de Joanesburgo, posee ventajas extraordinarias desde el punto de vista astronómico. Su altitud de más de 1500 metros produce una diferencia apreciable en la absorción atmosférica de la luz estelar. El clima es ideal: durante medio año el cielo está casi completamente despejado y aun durante el verano desde Octubre a Marzo, que es la época de lluvias, estas caen en cortas y violentas tormentas que dejan el aire limpio de polvo y con una transparencia y estabilidad notables. Además, todas estas ventajas se disfrutan en una región desde la cual es visible una porción de cielo relativamente poco estudiada.

Todos estos factores combinados han contribuído a atraer a los astrónomos hacia Sudáfrica. En 1925 la estación meridional de la Universidad de Yale fué establecida por el Profesor Schlesinger bajo la dirección del Dr. Alden en los terrenos de la Universidad de Witwatersrand en Joanesburgo. El instrumental consiste en un refractor fotográfico de 66 cm empleado para la observación de las paralajes y movimientos propios de las estrellas, trabajo que ha sido continuado bajo la dirección de Mr. C. Jackson, actual director de la estación de Yale-Columbia, quien, como antiguo elemento del personal de Innes, puede ser considerado en cierto modo como el nieto científico de Gill. En 1926 se estableció una estación solar provisional por la Smithsonian Institution al monte Bukkaros en el Sudoeste de Africa y en el mismo año se estableció en Bloemfontein el Observatorio Lamont-Hussey de la Universidad de Michigan equipado con un refractor visual de 69 cm. Esta última ciudad, capital del Estado Libre de Orange, está a unos 480 kilómetros al sur de Joanesburgo y a menos altitud, pero con un clima y topografía parecidos. El refractor, en manos del Dr. Rossiter, ha servido para descubrir muchos millares de nuevas estrellas dobles.

Al año siguiente se estableció en Maazelspoort, a pocos kilómetros de Bloemfontein, la Estación Boyden del Observatorio de Harvard. En 1887, Uriah A. Boyden legó una suma importante a la Universidad de Harvard para observaciones astronómicas a gran altitud, la cual fué primeramente dedicada a trabajos en Arequipa, Perú. Sin embargo, los veranos son allí casi uniformemente nublados y en 1927 el Dr. J. S. Paraskevopoulos trasladó la Estación a Bloemfontein. El instrumental es complejo, incluyendo un reflector de 152 cm de diámetro, el refractor fotográfico de Bruce de 61 cm y un refractor fotovisual de 33 cm de apertura. Este último instrumento ha sido empleado con un objetivo prismático para trabajo espectroscópico, en tanto que varias cámaras de menor tamaño están destinadas a la observación regular del cielo. La función principal de esta Estación consiste en proporcionar información acerca del cielo meridional al Observatorio de Harvard, sobre la cual se han basado extensas investigaciones sobre fotometría, distribución estelar y estrellas variables.

Durante muchos años, por medio de intercambio de visitas y otros medios, se han mantenido estrechas relaciones entre el Observatorio de la Unión en Joanesburgo y observatorios en Holanda, especialmente el de la Universidad de Leiden. Poco antes de 1939, esta colaboración se intensificó cuando la universidad de Leiden, con ayuda de una contribución de la fundación Rockefeller, estableció en los terrenos del Observatorio de la Unión un doble refractor de 40 cm de apertura. Este instrumento ha sido empleado para diferentes trabajos fotométricos y recientemente ha sido instalado un aparato multiplicador electrónico para la fotometría directa de las estrellas. El observador actual es el Dr. Wesselink, sucesor del Dr. van Gent, ya fallecido.

Desde Noviembre de 1931 hasta Marzo de 1933, Leiden ha mantenido también una Estación ecuatorial de gran altitud en Kenya, con el fin de realizar determinaciones fundamentales de las declinaciones estelares; una estación parecida fué restablecida en 1947. Aparte de esto, que quizá no encaja dentro de una descripción sucinta de la astronomía en Sudáfrica, podemos citar no menos de seis estaciones astronómicas permanentes en la misma Unión de Sudáfrica, las de la Ciudad del Cabo, las estaciones de Michigan y Harvard en Bloemfontein, el Observatorio de la Unión, la Estación de Leiden y la Estación de Yale-Columbia, todas en Joanesburgo. Debemos mencionar, además, la estación, ahora terminada, establecida por la Universidad de Breslau en Windhoek en el Sudoeste de Africa a una altura de más de 1500 metros y en un clima donde la máxima humedad es del 40% y con un cielo casi siempre completamente despejado. La misma Unión es asimismo escena de una actividad considerable entre no profesionales, cuya historia incluye hechos tan importantes como el observatorio privado mantenido durante muchos años en Lovedale en el Este del Cabo por el fallecido Dr. Roberts, en donde

se llevaron a cabo importantes observaciones iniciales de estrellas australes variables.

A excepción del Observatorio de la Unión, todas las instituciones permanentes hasta ahora mencionadas representan ramas o estaciones de organizaciones ya existentes en el hemisferio del norte. El observatorio Radcliffe en Pretoria, dirigido por el Dr. H. Knox Shaw es el único que ha sido transferido desde Europa hacia un clima mejor y una esfera de mayor actividad. Fundado en Oxford durante la última parte del siglo XVIII gracias a la dotación testada por John Radcliffe, médico principal de la reina Ana, el observatorio fué trasladado a Pretoria en 1937 donde los albaceas de la fundación Radcliffe accedieron a montar un telescopio de 188 cm de apertura útil, el mayor del hemisferio austral. La mala suerte persistió durante la fundición del disco del espejo principal y el trabajo se retrasó considerablemente durante la guerra. El telescopio, cuya parte móvil pesa 45 toneladas, está montado en una estructura en forma de torre en la cúspide de una loma dominando Pretoria. Hasta ahora sólo ha sido usado en el foco Newtoniano y recientemente se ha conseguido obtener un espectroscopio. La mayor parte del tiempo del personal auxiliar la consumió la instalación, modificación y puesta en uso del nuevo aparato, pero con todo se ha llevado a cabo una cantidad de trabajo considerable por medio de la fotografía directa de nebulosas, y por observaciones iniciales de tipos especiales de objetos de interés. Un importante programa que habrá de iniciarse cuando sea posible disponer del espectrógrafo Cassegrain consiste en la determinación de las velocidades radiales de las estrellas brillantes tipo B (estrellas calientes azules mostrando un espectro de hidrógeno, cuyo intenso brillo intrínseco las hace visibles incluso a distancias considerables). La finalidad de esta tarea será suplementar investigaciones similares realizadas sobre estrellas del hemisferio norte, y cuyos resultados permitirán deducir datos fundamentales sobre la rotación de la Vía Láctea. Claro que, además de esto existe un campo casi ilimitado de objetos galácticos y extra-galácticos que no han sido investigados.

Revista de libros

UNA INTRODUCCION DIRECTA A LA QUIMICA ORGANICA

A Direct Entry to Organic Chemistry, *por John Read. Págs.* XIII + 268. *Methuen and Company Limited, Londres.* 1948. *Precio neto:* 4*s.* 6*d.*

El talento excepcional del Profesor Read para explicar al público profano los problemas más intrincados de la química no se ha manifestado nunca, probablemente, con tanta brillantez como en este librito. La química orgánica es, desde luego, más comprensible para el profano, en sus líneas generales, que la química inorgánica, por ejemplo; ya que las concepciones básicas de la primera son frecuentemente similares a las de la vida cotidiana corriente. Por ejemplo, la idea de la isomería no ofrece ninguna dificultad para el constructor que edifica muchas casas diferentes con la misma cantidad de ladrillos y azulejos. Sin embargo, llevar al novicio en el camino de la química orgánica tan lejos como para hacerle comprensibles los misterios del caucho, penicilina, hematina, perspex, nylon, grasas, alcanfor, clorofila, vitaminas, etc., requiere, no solamente un gran dominio de la materia, sino también una extraordinaria facilidad de exposición y un agudo conocimiento de la naturaleza humana. No puede sorprendernos que el libro del Profesor Read haya obtenido el premio europeo Cortina de un millón de liras, para el mejor trabajo de popularización científica, publicado en cualquier idioma durante los últimos cuatro años. El honor es muy merecido y será generalmente aclamado.

ACIDOS GRASOS Y SUS DERIVADOS

Fatty Acids and Their Derivatives, *por A. W. Ralston.* 896 *págs. Chapman and Hall Limited, Londres; John Wiley and Sons Incorporated, Nueva York.* 1948. *Precio neto:* 60*s.*

Hay ahora bastantes libros que tratan de las grasas naturales; sus condiciones generales de formación y constitución; su importancia en bioquímica y nutrición, y aplicaciones y procesos de las grasas en general (o de grupos específicos y aun de grasas particulares) para los diversos productos industriales en cuya confección intervienen. El presente trabajo difiere de los otros en que ofrece una amplia información acerca de todos los ácidos grasos, naturales o sintéticos, que contienen una cadena de seis o más átomos de carbono. Este puede parecer, a primera vista, superfluo, pero la reunión de datos en este campo ha requerido un volumen de cerca de mil páginas, y la referencia a más de 5000 patentes y memorias originales, que aparecen cabalmente anotadas. Esto puede servir para indicar que el tratamiento de los ácidos grasos es en sí mismo un tema digno de trabajo y estudio, y el Dr. Ralston realiza esa tarea con positivo éxito. El libro es particularmente útil para el especialista. El investigador en esta materia lo encontrará muy provechoso, puesto que es una colección casi completa de los datos, físicos y químicos, relacionados con los ácidos grasos, ésteres y otros muchos derivados

suyos. Los químicos dedicados al desenvolvimiento de las industrias de grasas y jabones encontrarán también muy valioso este libro. Ello no quiere decir que el volumen carezca de interés para los estudiantes y lectores en general; por el contrario, una simple ojeada al libro puede darle al lector corriente, no sólo la química de los ácidos grasos, sino también un cuadro coherente de las diferentes clases de grasas naturales y su transformación en jabones, su hidrogenación en productos apropiados para diversos usos, etc., puesto que todos estos aspectos son tratados incidentalmente, con bastante detalle, al margen del objetivo principal del libro.

T. P. HILDITCH

CINCUENTA AÑOS DE FISIOLOGIA VEGETAL

Fifty Years of Plant Physiology, *por Th. Weevers. Págs.* XI + 308. *Scheltema en Holkemas Boekhandel en Uitgevers Maatschappij N.V., Amsterdam.* 1949.

Hay en Holanda una espléndida tradición de fisiología vegetal, y en los últimos años los botánicos holandeses han abierto varios campos nuevos de investigación. No hay muchos botánicos de habla inglesa que puedan leer con facilidad el idioma holandés; por lo que resulta un placer recibir de un insigne botánico holandés un sumario de la fisiología de las plantas, desarrollada en Holanda durante los últimos cincuenta años.

Porque en eso consiste el libro. A pesar de su título, no pretende ser una historia, ni cubrir toda la esfera de la fisiología vegetal. El profesor Weevers nos habla simplemente, con gran encanto, acerca del trabajo de los fisiólogos holandeses y algunos otros. Resume con precisión el estado de conocimientos hasta 1895, y dibuja, con la familiaridad de una vida dedicada al tema, los avances hechos desde entonces, particularmente por sus compatriotas. El relato resulta impresionante. El Profesor Weevers tiene un conocimiento tan íntimo de la materia que ciertos hechos, que uno conocía sólo al través de las memorias de investigación, aparecen en los comentarios de este libro como iluminados por una luz nueva.

En su introducción, el Profesor F. W. Went sugiere que la traducción literal da color al libro, lo cual es cierto, y hace posible seguir más de cerca el pensamiento del autor, lo cual es desgraciadamente inexacto.

E. ASHBY

ELEMENTOS DE LA QUIMICA DEL CARBON

Elements of Coal Chemistry, *por D. J. W. Kreulen.* 204 *págs., con ilustraciones de líneas y a media tinta. Nijgh en Ditmar N.V., Rotterdam.* 1949. *Fl.* 18,25.

En 1935, el Dr. Kreulen publicó: «Grundzüge der Chemie und Systematik der Kohlen», destinado a facilitar a los estudiantes la consulta de la literatura especializada sobre química del carbón, y a exponer los puntos de vista del autor sobre diversos aspectos de este tema. El presente libro ha sido redactado de nuevo enteramente, y contiene 17 capítulos que abarcan desde la clasificación del carbón hasta la hidrogenación del mismo.

Se describe en el libro con todo detalle la importante obra de Odén sobre los ácidos húmicos, mereciendo un estudio especial el trabajo físico-químico sobre las curvas de los ácidos húmicos. Los betunes de carbón y la estructura micelar del carbón reciben también adecuado tratamiento, dentro de las limitaciones del espacio disponible.

El libro contiene 51 tablas y 70 figuras; la impresión y la encuadernación son excelentes. No hay índice, pero al final de cada capítulo se da una extensa bibliografía, que acaso hubiese sido más útil servida en notas, a lo largo del texto. El autor ha presentado una revisión concisa y muy al día, que será de gran utilidad para todos los interesados en la materia.

ARTHUR MARSDEN

FUNDAMENTOS CIENTIFICOS DE LA TECNICA DEL VACIO

Scientific Foundations of Vacuum Technique, *por Saul Dushman.* 882 *págs., con numerosos dibujos de línea. John Wiley and Sons Incorporated, Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres.* 1949. *Precio neto:* 90*s.*

Este libro ofrece una información muy amplia sobre las ideas fundamentales de física, química y metalurgia que pueden ser de utilidad para científicos e ingenieros enfrentados con los problemas relativos a la producción, mantenimiento y medida de un alto vacío. Comprende capítulos sobre teoría cinética de los gases y de los flujos de flúido; bombas de todas clases; medida de bajas presiones; acción recíproca entre gases y sólidos, incluyendo los metales; disociación y presiones de vapor, y velocidad de la evaporación. La riqueza de información contenida en este libro se basa en la larga y brillante experiencia del autor en los laboratorios de la General Electric Company.

La técnica del vacío no es más antigua que la lámpara incandescente. Sin embargo, se aplica ya en campos tan diversos como las lámparas más pequeñas de recepción y el transmisor de 100 kilovatios; el sincrotrón, el betatrón y otros equipos de la física nuclear; los tubos de rayos X hasta de dos millones de voltios; los licuefactores y otros equipos usados en la física de baja temperatura. Este tratado será, sin duda, un magnífico libro de consulta para diseñadores y utilizadores de equipos de alto vacío.

A. R. MILLER

TRATADO DE ZOOLOGIA ANATOMIA, SISTEMATICA, BIOLOGIA

Traité de Zoologie. Anatomie, Systématique, Biologie, *publié sous la direction de M. Pierre-P. Grassé.* Tome XI. Echinodermes, Stomocordés, Procordés, *por L. Cuénot, C. Dawidoff, P. Brien, C. Drach, etc.* 1075 *págs., con más de* 450 *diagramas de líneas. Masson et Cie., Paris.* 1948. 3800 *francos.*

El volumen XI es el primero de los 17 que se dedicarán a este Tratado. Abarca los tipos fósiles y vivos de equinodermos, hemicordatos y graptolitos, tunicatos y céfalocordatos. Es un amplio campo, pero, aunque la dificultad de mantener la información al día en cada materia ha sido superada mediante la colaboración de varios autores, el libro tiene un plan coherente y un estilo animado y atractivo. La mayor parte de las ilustraciones son excelentes — a veces nuevas, y otras modernizadas — pero se hace un uso insuficiente de colores y estereogramas.

La morfología y la fisiología están expuestas lúcidamente, con buenos sumarios; en muchos casos, v.g. respecto al sistema nervioso del *Amphioxus*, aparecen por primera vez, en un libro de texto, hechos establecidos hace tiempo. Tal vez se dedica demasiado espacio a los trabajos más recientes, y no siempre se distingue bien entre la función deducida de la estructura y la comprobada experimentalmente. Las lagunas en nuestro conocimiento se declaran explícitamente. Los desarrollos y relatos sistemáticos son excelentes, y los razonamientos inductivos en que se apoyan las diversas teorías filogenéticas están claramente expuestos. Se sostiene, tal vez con razón, que los hemicordatos están más próximos a los equinodermos y más distantes de los cordatos, que lo que se había supuesto hasta ahora.

H. P. WHITING

CIBERNETICA, O CONTROL Y COMUNICACION EN EL ANIMAL Y LA MAQUINA

Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine, *por Norbert Wiener.* 194 *págs. Chapman and Hall Limited, Londres.* 1949. *Precio neto:* 18*s.*

El autor de este libro es el Dr. Norbert Wiener, distinguido matemático americano, profesor del Instituto de Tecnología de Massachusetts. La obra trata de los controles automáticos.

Puede decirse que la teoría se inició en la memoria «On Governors», escrita por Clerk Maxwell en 1868, en la que se explicaba matemáticamente la operación de utensilios tales como el regulador de Watt para máquinas de vapor. Ahora tenemos innumerables sistemas mecánico-eléctricos, destinados a ejercer funciones casi humanas: brújulas giroscópicas automáticas, timones mecánicos para barcos, proyectiles autopropulsados que buscan su blanco y máquinas para resolver complicados problemas matemáticos. Muchos de estos aparatos poseen órganos sensibles, como fotocélulas o termómetros, y el equivalente de un sistema nervioso central, para transferir la información desde los elementos perceptores hasta los ejecutivos.

La revolución industrial del siglo pasado devaluó la fuerza humana frente a la maquinaria. El cavador manual no podía competir con la excavadora de vapor. ¿Presenciaremos ahora una nueva revolución industrial, que elimine a otro gran grupo de trabajadores por la competencia de los mecanismos cibernéticos?

E. T. WHITTAKER

ELASTICIDAD Y ANELASTICIDAD DE LOS METALES

Elasticity and Anelasticity of Metals, *por C. M. Zener. Págs.* x + 170, *con ilustraciones de línea y a media tinta. University of Chicago Press, Chicago; University Press, Cambridge.* 1948. *Precio neto:* 22*s.* 6*d.*

Es costumbre en el tratamiento clásico de la elasticidad dividir el tema en dos secciones principales: sólidos elásticos o preplásticos, en los que se cumple la Ley de Hooke, y sólidos no elásticos, que se caracterizan por la existencia de un asentamiento permanente. Se ha reconocido, sin embargo, desde hace más de un siglo, que hay desviaciones de la Ley de Hooke en niveles de muy baja tensión, aunque estas irregularidades eran consideradas como un campo de entretenimiento por el teórico, y como cosa sin valor por el metalúrgico práctico. En los últimos diez años tales desviaciones han adquirido un gran valor práctico, y el estudio de las mismas ha promovido notables avances en nuestro conocimiento de la microestructura de los sólidos.

El término «no elástico» se ha asociado a la idea de asentamiento permanente, por lo que se ha pensado en la necesidad de crear un nuevo término para evitar confusiones. El término «anelasticidad» ha quedado formalmente definido como la propiedad de un sólido en virtud de la cual la tensión y el esfuerzo no están únicamente relacionados en la esfera preplástica.

Este volumen es una interesante y valiosa contribución al estudio de la micro-estructura de los metales.

ALLAN FERGUSON

IDENTIFICACION SISTEMATICA DE COMPUESTOS ORGANICOS

The Systematic Identification of Organic Compounds, *por Ralph L. Shriner and Reynold C. Fuson. Tercera edición.* 370 *págs. John Wiley and Sons, Nueva York. Chapman and Hall Limited, Londres.* 1948. *Precio neto:* 13*s* 6*d.*

Este trabajo es una guía de gran estímulo para los estudiantes de química, en aquella parte del trabajo universitario que es, para citar las frases del autor en el prefacio, la mejor experiencia de los que se preparan para la investigación, que entran entonces en contacto con los métodos propios de la misma. Los Capítulos VI y VII ponen de manifiesto la gran cantidad de investigaciones que se han efectuado recientemente, en relación con la preparación de derivativos adecuados a la caracterización. Hay numerosas referencias a la literatura del caso, principalmente de los años posteriores a 1939. Se presta una atención especial al mecanismo de la reacción. Mediante la prueba del aldehido de Shiff, se pone en claro la constitución del reactivo y del compuesto resultante; se citan los trabajos modernos sobre la estructura de los compuestos de bisulfito, y se invita al estudiante a averiguar por qué el cinamaldehido se combina con dos moléculas de bisulfito de sodio. Se presenta la mercurialización en relación con un reactivo para compuestos no saturados, y para aldehidos y ketonas, aunque no se hace un estudio general de la mercurialización.

Los ácidos sulfónicos reciben un excelente tratamiento, pero se omiten los interesantes derivativos del tipo «cloramina T», tal vez porque su uso principal se aplica a la formación de sulfiliminas de los sulfuros y arsinas menos conocidos. Se presta atención, sin embargo, a los mercaptanes.

La química orgánica práctica no fué nunca un simple oficio cocineril. Este libro demuestra que es un arte inspirado y exquisito.

FREDERICK CHALLENGER

LA ORILLA DEL MAR

The Sea Shore, *por C. M. Yonge, F.R.S. Págs.* XVI + 311, *con numerosas láminas en color y a media tinta y dibujos. Collins' New Naturalist Series, Londres.* 1949. *Precio neto:* 21*s.*

Este es un libro extraordinariamente útil y atractivo. Está dedicado al gran público, y escrito con toda claridad para que cualquier lector pueda entenderlo. Es también de una calidad que le hace muy valioso para los estudiantes de biología y para los maestros que se hayan especializado en otras ramas de esta ciencia. El libro está al día, y tiene la gran ventaja de haber sido escrito por un autor que conoce a fondo y de un modo directo el campo de que trata, y que posee una larga experiencia de las orillas del mar, no sólo en Inglaterra, sino también en otros lugares remotos del mundo. Por eso, aunque el autor se ocupa del área británica, dispone siempre de un fondo de experiencia mundial, que le da al libro un interés biológico general. Hay muchos libros buenos acerca de las costas británicas, pero éste es el mejor y el más ampliamente informado. El autor merece todos nuestros plácemes. Otro aspecto importante es que el libro está ilustrado con numerosas fotografías en color y en monocromo por el notable fotógrafo de asuntos marinos, Dr. D. P. Wilson, de Plymouth. Muchas de las láminas son excelentes, aunque varían en calidad, debido principalmente al hecho de que la fotografía en colores no se ha perfeccionado aún lo bastante para asegurar un éxito completo y permanente en las fotografías de primer plano de este tipo. Las mejores dan una impresión muy viva de los organismos retratados, y una de ellas (la del *Octopus*, en la lámina 17) es magnífica, porque combina la belleza decorativa con la exactitud biológica.

T. A. STEPHENSON